

## Advies van het Bestuur

aan de Minister van de Noordzee

betreffende:

de machtigings- en vergunningsaanvraag van de THV Seastar voor de bouw en exploitatie van een offshore windmolenpark gelegen ten noordwesten van de Lodewijkbank en ten zuidoosten van de Bligh Bank.

## Bijlage B: Milieueffectenbeoordeling

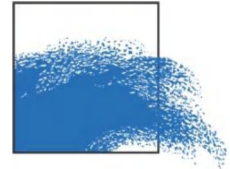
BMM  
100 Gulledele  
B-1200 Brussel  
België



KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN

OPERATIONELE DIRECTIE NATUURLIJK MILIEU

BEHEERSEENHEID MATHEMATISCH MODEL VAN DE NOORDZEE



## **Milieueffectenbeoordeling van het SEASTAR offshore windmolenpark ten noordwesten van de Lodewijkbank en ten zuidoosten van de Bligh Bank**

BMM

100 Gulledelle

B-1200 Brussel

België

December 2013



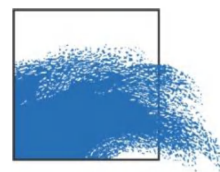




KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN

OPERATIONELE DIRECTIE NATUURLIJK MILIEU

BEHEERSEENHEID MATHEMATISCH MODEL VAN DE NOORDZEE



## **Milieueffectenbeoordeling van het SEASTAR offshore windmolenpark ten noordwesten van de Lodewijkbank en ten zuidoosten van de Bligh Bank**

**Onderzoek van de aanvraag van de thv Seastar voor een vergunning en machtiging voor de aanleg en de exploitatie van verbindingskabels voor elektriciteit van een windmolenpark in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België**

**Deze MEB werd opgesteld door:**

**Bob Rumes, Marisa Di Marcantonio, Robin Brabant, Ilse De Mesel, Valerie Dulière, Jan Haelters, Francis Kerckhof, Alain Norro, Dries Van den Eynde, Laurence Vigin en Brigitte Lauwaert.**

December 2013



BMM

100 Gulledelle

B-1200 Brussel

België



# Inhoudstafel

1. INLEIDING .....	1
1.1 Aanvraag en procedureverloop .....	1
1.2 Technische beschrijving van het SEASTAR project .....	4
2. STATUUT EN STRUCTUUR VAN DE AANVRAGER.....	13
2.1 Naam en vennootschapsvorm.....	13
2.2 Maatschappelijke Zetel .....	13
3. METHODOLOGIE.....	15
4. JURIDISCHE ACHTERGROND.....	17
4.1 Wetgeving Natuur en Milieu .....	17
4.2 Andere wetgeving .....	21
4.3 Besluit .....	23
5. KLIMAAT EN ATMOSFEER .....	25
5.1 Inleiding .....	25
5.2 Te verwachten effecten .....	26
5.3 Besluit .....	28
5.4 Monitoring .....	28
6. HYDRODYNAMICA EN SEDIMENTOLOGIE .....	29
6.1 Inleiding .....	30
6.2 Te verwachten effecten .....	31
6.3 Besluit .....	35
6.4 Monitoring .....	37
7. GELUID EN SEISMISCH ONDERZOEK .....	43
7.1 Inleiding .....	43
7.2 Te verwachten effecten .....	46
7.3 Besluit .....	48
7.4 Monitoring .....	51
8. RISICO EN VEILIGHEID .....	53
8.1 Inleiding .....	53
8.2 Te verwachten effecten .....	55
8.3 Besluit .....	64
8.4 Monitoring .....	69

9. SCHADELIJKE STOFFEN.....	71
9.1 Inleiding .....	71
9.2 Te verwachten effecten .....	71
9.3 Besluit .....	73
9.4 Monitoring .....	74
10. MACROBENTHOS, EPIBENTHOS EN VISGEMEENSCHAPPEN .....	75
10.1 Inleiding .....	76
10.2 Te verwachten effecten .....	78
10.3 Besluit .....	83
10.4 Monitoring .....	85
11. ZEEZOOGDIEREN .....	93
11.1 Inleiding .....	93
11.2 Te verwachten effecten .....	96
11.3 Besluit .....	100
11.4 Monitoring .....	103
12. AVIFAUNA EN VLEERMUIZEN .....	107
12.1 Inleiding .....	107
12.2 Te verwachten Effecten .....	109
12.3 Besluit .....	117
12.4 Monitoring .....	118
13. ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN EN WARMTE DISSIPATIE .....	121
13.1 Inleiding .....	121
13.2 Te verwachten effecten .....	122
13.3 Besluit .....	125
13.4 Monitoring .....	126
14. INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN .....	127
14.1 Inleiding .....	127
14.2 Te verwachten effecten .....	129
14.3 Besluit .....	134
14.4 Monitoring .....	135
15. ZEEZICHT .....	137
15.1 Inleiding .....	137
15.2 Te verwachten effecten .....	138
15.3 Besluit .....	141

15.4 Monitoring .....	142
16. CULTUREEL ERFGOED .....	143
16.1 Inleiding .....	143
16.2 Te verwachten effecten .....	143
16.3 Besluit .....	144
16.4 Monitoring .....	146
17. MONITORING EN COÖRDINATIE .....	147
17.1 Algemene visie .....	147
17.2 Voorgesteld programma .....	149
17.3 Voorgestelde planning .....	150
17.4 Locatie van de monitoringswerkzaamheden .....	152
17.5 Schatting van het budget .....	152
18. GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN .....	155
18.1 Algemeen.....	155
18.2 Effecten in het Nederlands deel van de Noordzee .....	155
18.3 Effecten in het Frans deel van de Noordzee.....	157
18.4 Instandhoudingsdoelstellingen.....	157
18.5 Zeezoogdieren.....	161
18.6 Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen .....	163
18.7 Avifauna en vleermuizen .....	164
19. BESLUIT .....	167
19.1 Aanvaardbaarheid .....	167
19.2 Aanbevelingen .....	167
19.3 Monitoring .....	168
20. REFERENTIES .....	169



## Lijst van afkortingen

AC	Wisselstroom
BDNZ	Belgisch Deel van de Noordzee
BMM	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen. Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee en Schelde-estuarium
DC	Gelijkstroom
d.m.v.	door middel van
EMV	Elektromagnetische velden
EU	Europese Unie
FOD	Federale Overheidsdienst
GOSA	Gevezelde Open Steen Asfalt
GW	Giga watt
HNS	Hazardous Noxious Substances
HVDC	High Voltage Direct Current
Hz	Hertz
INBO	Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
K	Kelvin
KB	Koninklijk Besluit
kHz	Kilohertz
Km	Kilometer
kv	Kilovolt
m	Meter
m <sup>3</sup>	Kubieke meter
MEB	Milieueffectenbeoordeling
MER	Milieueffectenrapport
MRP	Mariene Ruimtelijke Planning
MSDS	Material Safety Data Sheet
MSFD	Marine Strategy Framework Directive
MW	Mega Watt
NEC	National Emission Ceilings (nationale emissieplafonds)
nv	Naamloze vennootschap
o.a.	onder andere
OSPAR	Verdrag inzake de bescherming van het mariene milieu van de noordoostelijke Atlantische Ocean (1992)
OWEZ	Windpark Egmond aan Zee
PAK	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
SAC	Special Area of Conservation
SBZ-V	Speciale Beschermingszone voor vogels
SPA	Special Protection Area
SPL	Sound Pressure Level
T	Tesla
t.o.v.	ten opzichte van
VK	Verenigd Koninkrijk

---

XLPE	Cross-linked polyethylene
------	---------------------------

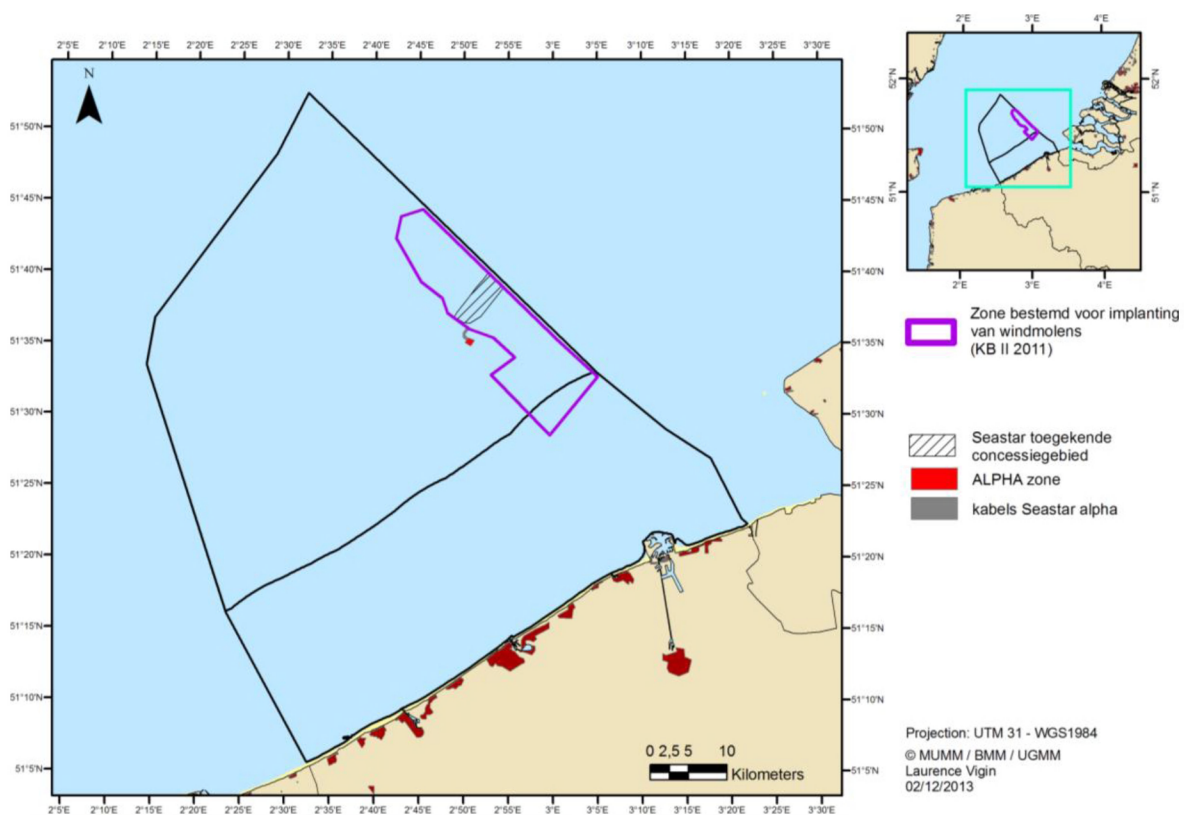
---



# 1. Inleiding

## 1.1 Aanvraag en procedureverloop

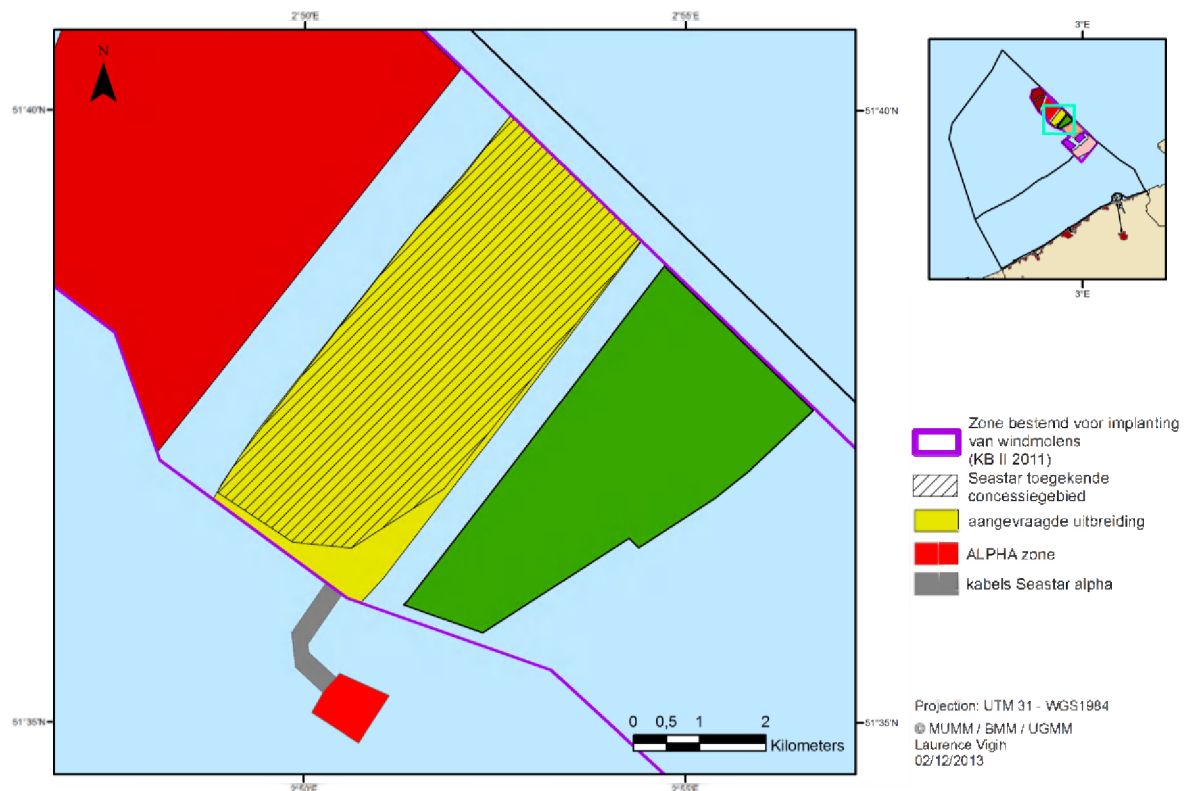
De nv Seastar diende op 23 juli 2013 bij de Minister bevoegd voor de bescherming van het mariene milieu een aanvraag in tot het verkrijgen van een vergunning en machtiging voor de bouw en exploitatie van het Seastar windpark inclusief kabels in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. De aanvraag omvatte een milieu-effectenrapport (MER) en werd simultaan betekend aan de Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee (BMM). De aanvraag heeft betrekking op een offshore windmolenpark in een zone gelegen ten noordwesten van de Lodewijkbank en ten zuidoosten van de Bligh Bank, elektriciteitskabels vertrekkende van dit offshore windmolenpark lopende naar het geplande alpha platform van de netbeheerder ELIA ('verbindingskabels') en van alle samenhangende activiteiten (Figuur 1.1).



Figuur 1.1 Seastar concessiegebied en tracé van de verbindingskabels binnen het Belgisch deel van de Noordzee

Deze vergunning en machtiging zijn vereist krachtens de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België en zijn een voorwaarde voor de geldigheid van de domeinconcessie afgeleverd bij ministerieel besluit op 1 juni 2012 door de Minister van Energie. In de huidige aanvraag wordt een mogelijke concessieuitbreiding voorgesteld die bestaat uit een aanpassing en uitbreiding van het reeds toegekend concessiegebied (Figuur 1.2). In de huidige aanvraag wordt een mogelijke uitbreiding voorgesteld van het reeds toegekend

concessiegebied (Figuur 1.2). De uitgebreide concessiezone wordt begrensd door de veiligheidzone van 500 m (vanaf de tip van de turbine) langsheen de Franpipe gasleiding, de veiligheidzone van 250 m langsheen de SEA-ME WE3 telecommunicatiekabel en de grens van de zone voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden zoals die door de FOD Economie in februari 2011 werd aangepast. Door de verruiming wordt het oppervlak van het concessiegebied uitgebreid van 18,4 km<sup>2</sup> tot 20,3 km<sup>2</sup> met een effectief beschikbaar oppervlak van 19,5 km<sup>2</sup> (bufferzone rond niet-actieve Rioja kabel = 0,73 km<sup>2</sup>). Voor de inschatting van de milieueffecten werd in het MER (IMDC, 2013a) rekening gehouden met het uitgebreide concessiegebied. In deze milieu-effectenbeoordeling (MEB) wordt rekening gehouden met zowel het oorspronkelijke als het maximaal uitgebreide concessiegebied (als worst case scenario). In het geval er duidelijke verschillen zijn in impact, dan worden beide scenario's apart besproken.



Figuur 1.2 SEASTAR concessiegebied en mogelijke uitbreiding.

Het geïnstalleerd vermogen voor het windmolenpark varieert tussen het minimale 246 MW in de initiële concessie en de maximale 540 MW in de beschouwde potentiële uitbreiding van de concessiezone. Het windmolenpark zou een jaarlijkse opbrengst van ca. 800 tot 1.400 GWh genereren, wat overeenkomt met het gemiddelde jaarverbruik van ca. 285.000 tot 400.000 doorsnee gezinnen. De kortste afstand van het park tot de Belgische kust bedraagt 37,2 km voor de toegekende domeinconcessie en 36,3 km voor de uitgebreide domeinconcessie.

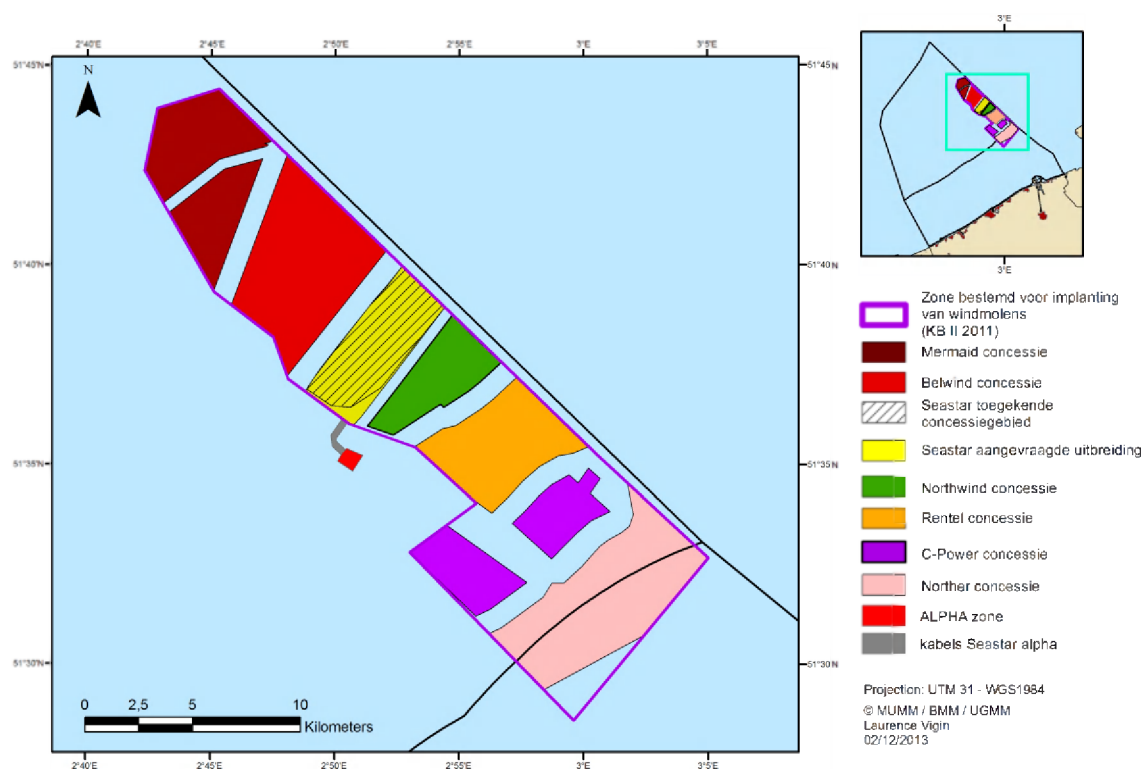
Krachtens de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België dienen de activiteiten waarvoor de aanvraag werd ingediend het voorwerp uit te maken van een milieueffectenbeoordeling door de bevoegde overheid. Het huidige document geeft de resultaten weer van deze milieueffectenbeoordeling.

De concessiegebieden voor windmolenparken bevinden zich in de zone bepaald in artikel 3 bis van het koninklijk besluit (KB) van 20 december 2000 betreffende de voorwaarden en de procedure voor de toekenning van domeinconcessies voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden, in de zeegebieden waarin België rechtsmacht kan uitoefenen in overeenstemming met het internationale zeerecht, zoals gewijzigd door het KB van 17 mei 2004, 28 september 2008 en 8 februari 2011.

Momenteel zijn er zeven offshore windmolenparken waarvoor een domeinconcessie werd afgeleverd:

1. het C-Power project op de Thorntonbank (operationeel sinds 2008)
2. het Belwind project op de Bligh Bank (fase 1 operationeel sinds 2010)
3. het Northwind project op de Lodewijkbank (operationeel vanaf 2014)
4. het project Norther gelegen in het uiterste zuiden van de zone voor windenergie
5. het project Mermaid gelegen in het uiterste noorden van de zone voor windenergie
6. het project Rentel gelegen in de zone tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank
7. voorliggend project Seastar gelegen in de zone tussen de Lodewijkbank en de Bligh Bank

Er wordt verwacht dat de projecten Mermaid, Rentel en Seastar zullen aansluiten op het geplande alpha platform van de netbeheerder ELIA, gelegen op de Lodewijkbank. Een overzicht van de locaties wordt gegeven in Figuur 1.3. De cumulatieve effecten van het Seastar windmolenpark en de andere, reeds vergunde, parken worden in deze MEB, voor zover mogelijk is aan de hand van de beschikbare informatie samen geëvalueerd.



Figuur 1.3 Overzicht van de domeinconcessies voor offshore windmolenparken in het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ).

## 1.2 Technische beschrijving van het SEASTAR project

### 1.2.1 Configuratie windmolenpark

De technische gegevens van de belangrijkste onderdelen van het windmolenpark worden gegeven in tabel 1.1. Voor het opstellen van deze MEB werd gebruik gemaakt van de gegevens uit deze tabel die werd opgesteld met alle beschikbare up-to-date informatie, zijnde: de aanvraag, het MER en bijkomende informatie bekomen door rechtstreeks contact met de aanvrager.

Tabel 1.1 Overzicht technische kenmerken van het Seastar windmolenpark.

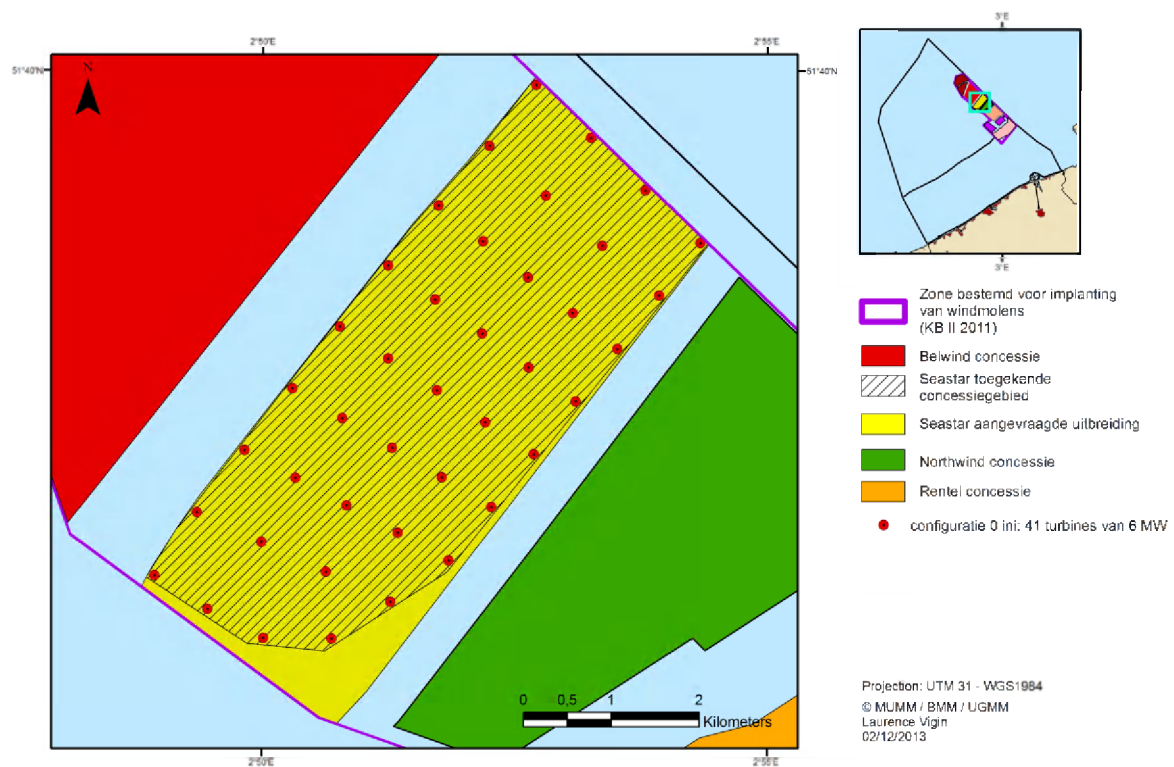
Onderwerp	Omschrijving
<b>Locatie</b>	
Situering	<p>Gelegen op 38 km van de kust;</p> <p>Gelegen tussen Lodewijkbank (domeinconcessie Northwind) en Bligh Bank (domeinconcessie Belwind) langs de grens met Nederland;</p> <p>Het projectgebied ligt in de zone afgebakend voor de inplanting van offshore windmolenparken vastgelegd door het KB van 20 december 2000, laatst gewijzigd door het KB van 3 februari 2011.</p>
Oppervlakte concessiegebied	Totale oppervlakte bedraagt ca. 18,4 km <sup>2</sup> met een eventuele uitbreiding tot 20,3 km <sup>2</sup>
Parkinrichting	<p>Inplanting: basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties</p> <p>Diepte van de zeebodem ter hoogte van het concessiegebied: -22 tot -38 m TAW;</p> <p>Te respecteren afstanden tot de Interconnector en Franpipe gasleidingen (500 m), de SEAMEWE3 telecommunicatiekabel (250 m) en de inactieve telecommunicatiekabel Rioja (50 m indien niet verwijderd), en de te respecteren bufferzone van 500 m voor naburige windmolenparken.</p>
<b>Windturbines</b>	
Inplanting	Basisconfiguratie en drie alternatieve configuraties
Type - Vermogen - Rotordiameter	<p>Ca. 4 tot 10 MW per turbine; diverse turbines komen hiervoor in aanmerking. Voor de verschillende configuraties wordt gewerkt met typevoorbeelden:</p> <p>Basisconfiguratie: rotordiameter 126,5 m, individueel vermogen 6,15 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 246 MW.</p> <p>Typevoorbeeld REpower 6M turbine;</p> <p>Configuratie 1: rotordiameter 120-135 m, individueel vermogen 4 --6,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 310 MW.</p> <p>Typevoorbeeld Areva 5 MW turbine;</p> <p>Configuratie 2: rotordiameter 150-165 m, individueel vermogen 7,5-10 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 432 MW.</p> <p>Typevoorbeeld Vestas V164 8 MW turbine;</p> <p>Configuratie 3: rotordiameter 140-175 m, individueel vermogen 6,5-7,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 301 MW.</p> <p>Typevoorbeeld Samsung 7 MW turbine.</p>
Aantal	<p>Basisconfiguratie: 41 turbines (Figuur 1.4);</p> <p>Configuratie 1: 62 turbines (Figuur 1.5);</p> <p>Configuratie 2: 54 turbines (Figuur 1.6);</p> <p>Configuratie 3 : 43 turbines (Figuur 1.7).</p>
Productie	Ca. 800 tot 1.400 GWh/jaar

Fundering windturbines		
Ofwel monopile	De monopile is een stalen buispaal die in de grond geheid en/of geboord wordt, of via de suction bucket techniek geplaatst wordt. De diepte waarover geheid moet worden om een stabiele fundering te bekomen, hangt af van het bodemprofiel. Rond de paal wordt een erosiebescherming aangebracht, die zowel statisch als dynamisch kan zijn. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1 en 2*.	
Ofwel jacket	De jacket fundering bestaat uit een vakwerktoren, opgebouwd uit stalen buizen met vier steunpunten. De palen worden ofwel geheid ofwel via de suction bucket techniek aangebracht. SeaStar voorziet een nivellering op maximaal 50% van de locaties en een dynamische erosiebescherming rondom de overige 50% van de locaties. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1, 2 en 3**.	
Ofwel gravitaire fundering	<p>Een gravitaire fundering bestaat uit een holle betonnen kegel, die overgaat in een smallere sectie, waarop de windturbine gemonteerd wordt. De fundering wordt geprefabriceerd op land en wordt vanaf het schip of ponton neergelaten op de vooraf vlak gemaakte zeebodem.</p> <p>Rond de fundering wordt een erosiebescherming aangebracht. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij de basisconfiguratie en configuratie 1, 2 en 3**.</p>	
Windmeetmast		
Aantal	Principieel niet voorzien in het Seastar park	
Exploitatie		
Besturing windpark	en bewaking	SCADA-systeem (Supervisory, Control And Data Aquisition) vanuit een controlekamer op het land
Frequentie onderhoud	gepland	Eerste jaren meermaals per maand, later 1 maal per jaar, exclusief ongepland onderhoud en reparaties
Logistiek windpark	– toegang naar	Toegang met behulp van onderhoudsschepen of toegang met behulp van helikopters

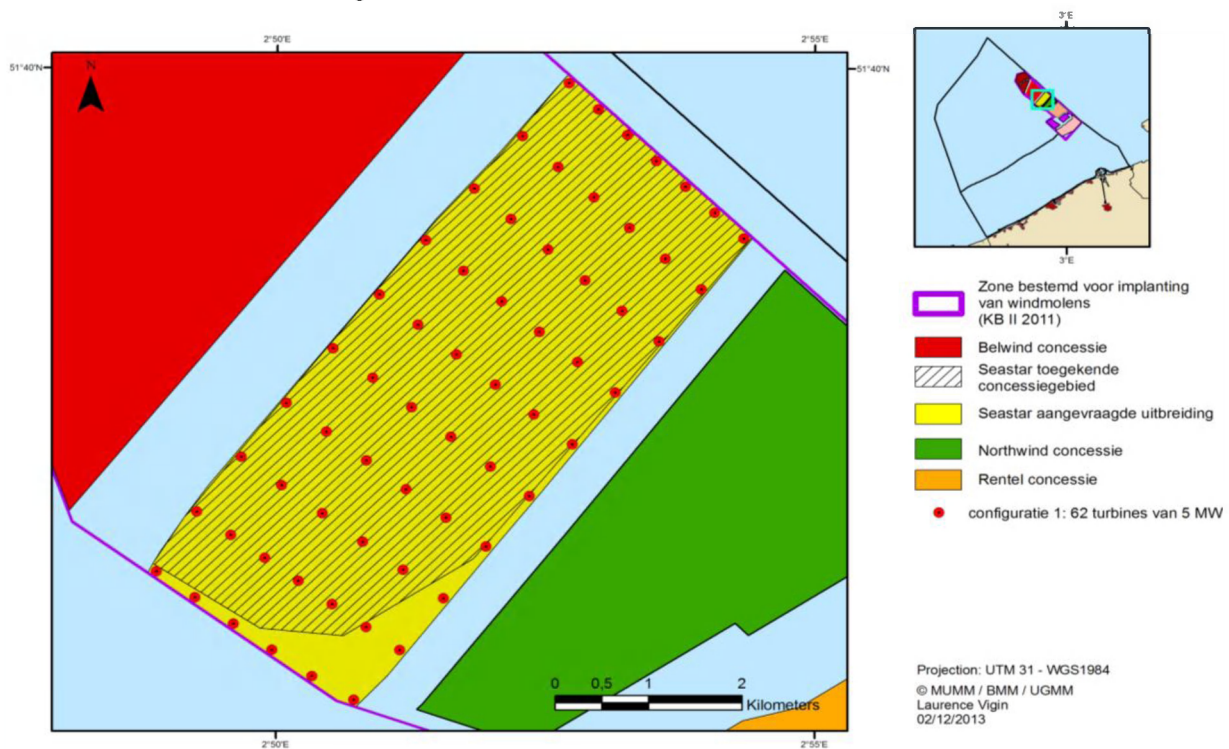
\* Bij configuratie 3 is een uitvoering met MP fundering technisch niet meer mogelijk wegens een te grote rotordiameter voor de beschouwde turbine (7 MW) en mede door de lokale waterdieptes.

\*\* Bij turbines met een vermogen van 7 MW en rotordiameter van 170 m verschillen de dimensies van de GBF en jacket funderingen voldoende van deze in configuraties 1 en 2 zodat deze funderingstypes in een aparte omhullende configuratie beschreven worden.

In het MER werd de milieu-impact van een type fundering besproken voor de situatie waarbij alle turbines binnen de configuratie met dezelfde fundering worden uitgevoerd. In werkelijkheid voorziet de aanvrager dat een combinatie van funderingstechnieken mogelijk blijft binnen het windmolenpark.



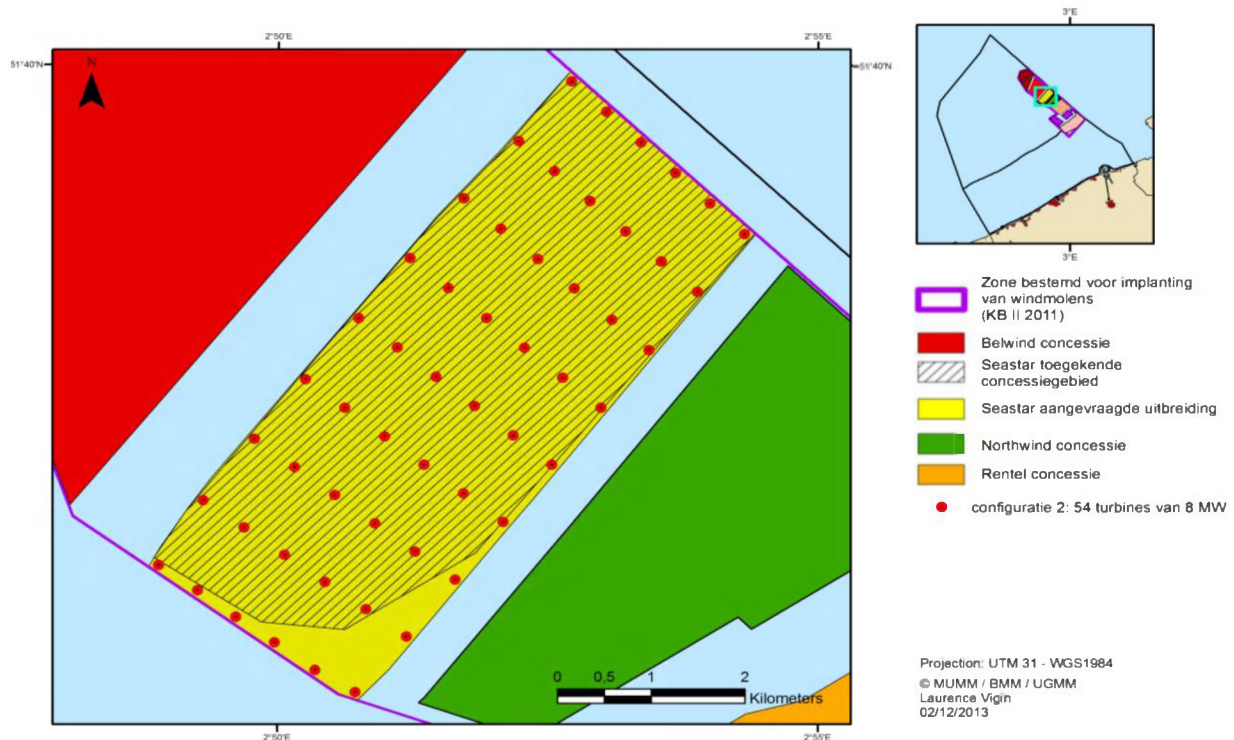
Figuur 1.4 Schematisch overzicht van de basisconfiguratie (originele concessie) – 41 windturbines met rotordiameter van 126,5 m, met een individueel vermogen van 6,15 MW<sup>1</sup>.



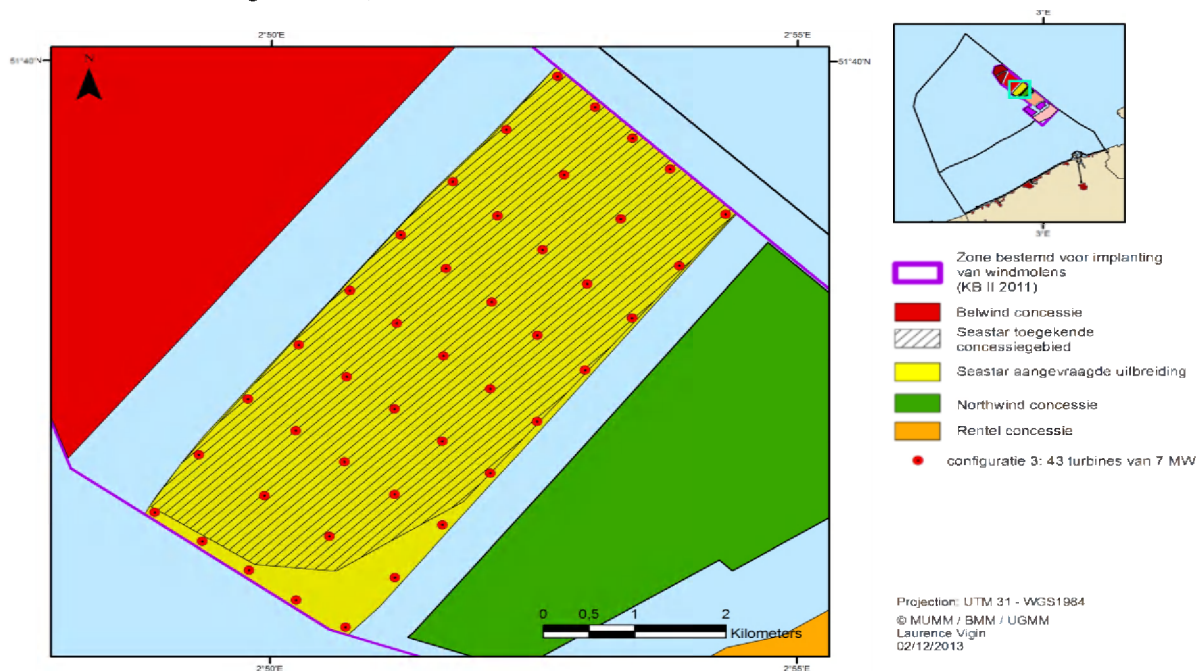
<sup>1</sup> Configuratie met 48 posities opgesteld op basis van de verworven concessie (MB 1 juni 2012)



Figuur 1.5 Schematisch overzicht van configuratie 1 (uitgebreide concessie) – 62 turbines met rotordiameter van 120-135 m, met een individueel vermogen tussen 4 en 6,5 MW.



Figuur 1.6 Schematisch overzicht van configuratie 2 (uitgebreide concessie) – 54 turbines met rotordiameter van 150-165 m, met een individueelvermogen tussen 7,5 en 10 MW.



Figuur 1.7 Schematisch overzicht van configuratie 3 (uitgebreide concessie) – 43 turbines met rotordiameter 140-175 m, met een individueel vermogen tussen 6,5 en 7,5 MW.

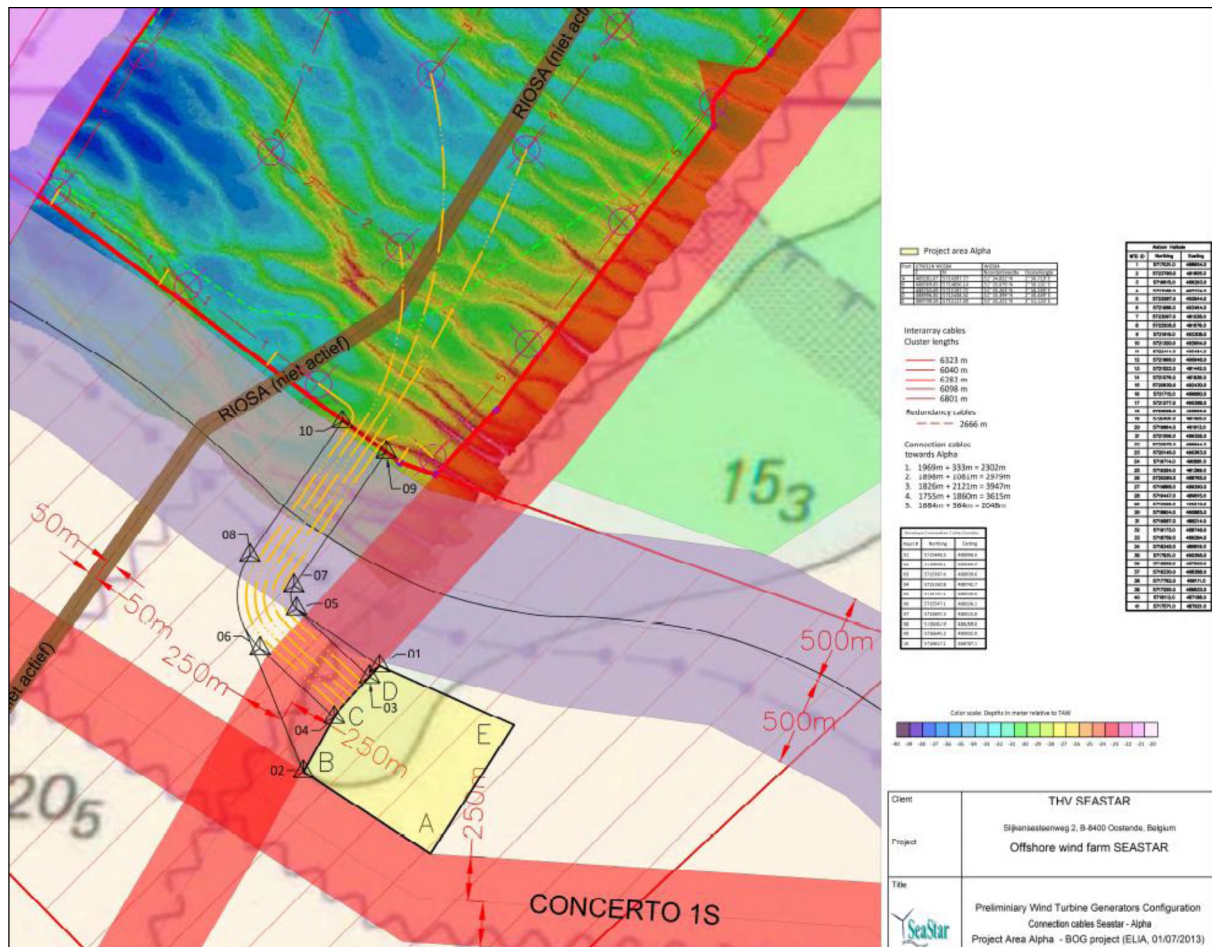
## 1.2.2 Configuratie kabels

De elektrische infrastructuur van het Seastar project beperkt zich tot 3 tot 5 clusters van parkkabels met een totale lengte van om en bij 30-35 km en een geschikte link en mogelijkheid tot aansluiting op de nabijgelegen locatie van het geplande ELIA alpha transformatorstation. Principieel bestaat de elektrische infrastructuur uit parkkabels die opeenvolgende windturbines in enkele clusters (strings) verbindt, vanwaar via 3 à 5 x 66 kV parallelle verbindingskabels in een kabelcorridor de link naar het nabijgelegen ELIA alpha transformatorstation wordt gemaakt. De ‘nabijheid’ van dit ELIA hoogspanningsstation op zee bepaalt de lengte van de verbindingskabels en hiermee samenhangend ook de noodzaak van een transformatie naar een gepast voltage-niveau voor deze verbindingskabels. Om de verbinding tussen Seastar en de Alpha locatie minimaal in afstand te houden, verlaat de voorziene kabelcorridor voor de verbindingskabels de Seastar concessiezone aan de zuidoostelijke tip. Hierbij wordt de kruising van de zuidelijk gelegen Interconnector aardgasleiding maximaal loodrecht ingetekend om verder geschikt aan te sluiten op het ELIA alpha transformatorstation. Op basis van actuele, preliminaire elektrische kabelontwerpen (met de actueel vooropgestelde types windturbines) bedraagt de individuele lengte van de verbindingskabels zo’n 3.5 tot 5 km (Figuur 1.8).

Tabel 1.2 Overzicht technische kenmerken van de elektrische infrastructuur van het Seastar project. (SEASTAR, 2013)

<b>Elektrische infrastructuur</b>	
Parkkabels binnen het park en rechtstreekse verbindingskabels naar Alpha	De windturbines worden in groepen (3 à 5 strings) van telkens ca. 30 MW of 60 MW verbonden op resp. een 33 of 66 kV parkkabel en – via parallelle verbindingskabels – aangesloten rechtstreeks op het nabijgelegen Alpha-eiland van ELIA buiten het concessiegebied Aanlegdiepte kabels: minimaal 1 m in de zeebodem.
Offshore hoogspanningsstation (OHVS)	Geen
Begraving kabels	Bekabeling zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door de Vlaamse Overheid (departement Mobiliteit en Openbare Werken, Haven en Waterbeleid) en andere bevoegde instanties;





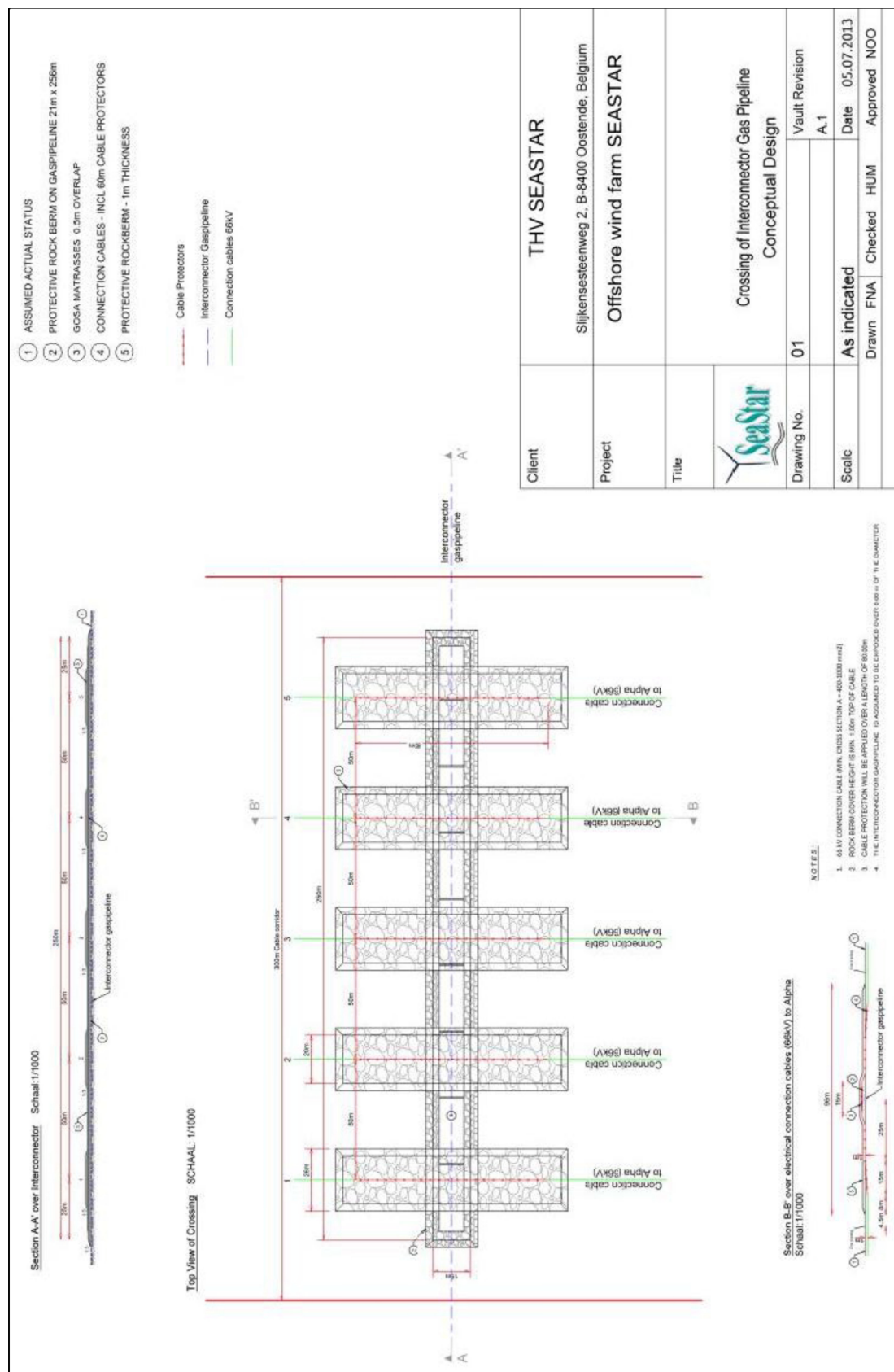
Figuur 1.8: Preliminair elektrisch kabelontwerp van de aangevraagde SEASTAR verbindingsskabels tussen het windmolenpark en het geplande ELIA alpha transformatorstation (bron: SESTAR, 2013).

Vanaf de laatste turbine in de string wordt de verbinding via 3 tot 5 parallel lopende verbindingsskabels (principeel op 66 kV) in een omhullende kabelcorridor van 300 m breedte naar het offshore transformatorstation op het geplande Alpha eiland ter hoogte van de Lodewijkbank gerealiseerd. Hierbij wordt, in de actueel voorliggende technische voorontwerpen van de elektrische kabelinfrastructuur, een onderlinge tussenafstand van minimaal 50 m voorzien tussen deze 66 kV verbindingsskabels. Deze tussenafstand wordt immers bepaald door de technische kabelkarakteristieken, de gehanteerde installatietechnieken en de voorziene onderhouds- en herstellingsactiviteiten. Zo wordt een minimale tussenafstand van 25 à 30 m voorzien voor het correct op diepte en locatie leggen van de betreffende elektrische verbindingsskabels. Naast het plaatsen wordt hier ook rekening gehouden met mogelijke herstelling van de elektrische kabel tijdens de exploitatie. Hiertoe wordt een vrije ruimte van minimaal de lokale waterdiepte (35-40 m) voorzien om in een zogenaamde Omega lus het herstellende kabelsegment opnieuw te kunnen plaatsen in de lokale zeebodem. Om hierbij enige veiligheidsmarge in te bouwen is een globale tussenafstand van 50 m voorzien voor de verbindingsskabels. Een gelijkaardige bufferstrook wordt voorzien aan de buitenzijde zodat een kabelcorridor met 5 parallelle verbindingsskabels een totale breedte van 300 m krijgt.

De opbouw van de kruising van de 3 à 5 verbindingsskabels met de Interconnector aardgasleiding kan als volgt omschreven worden (cijfers tussen haakjes verwijzen naar de cijfers op Figuur 1.9):

1. Erosiebescherming van de bestaande aardgasleiding met rotsbed (bermbreedte van 15 m) over volledige breedte van kabelcorridor van de verbindingskabels (2). Deze loopt ter hoogte van de eigenlijke kabelkruising aan weerszijden door tot ongeveer 45 m uit de as van de gasleiding.
2. Op berm van dit beschermingsbed worden GOSA (Fibrous Open Stone Asphalt) matten (4 x 28 m bijvoorbeeld) geplaatst met overlap van minimum 0.5 m over centrale tracé van aardgasleiding (3)
3. Vier tot zes verbindingskabels (4) worden aangebracht bovenop deze GOSA matten. Het tracé van deze kabels loopt vanaf stoppunt van jetting (waar verbindingskabels op minimale diepte van 1 m zitten) omhoog naar zeebodem over ca. 20 m en verder over het doorlopende erosiebeschermingsbed /GOSA matras van de aardgasleiding
4. Dwars op de aardgasleiding, langsheen de respectievelijke, kruisende verbindingskabels worden individuele erosiebeschermingsbedden voor deze kabels aangebracht (5) . Deze beschermende rotsberm is 20 m breed aan top en sluit met taluds van 1:3 aan op de zeebodem, respectievelijk langs de erosiebescherming van de aardgasleiding. De exacte positionering van deze individuele beschermingsbedden kan maximaal afgestemd worden met de aanwezige anodes op de aardgasleiding (als kathodische bescherming) teneinde deze anodes maximaal bereikbaar te houden.

Dergelijke opbouw is in het verleden ook reeds succesvol gerealiseerd bij andere gelijkaardige installaties in het kader van naburige windparken.



Figuur 1.9: Preliminair ontwerp van de kruising van de SEASTAR verbindingkabels met Interconnector aardgasleiding (bron: SEASTAR, 2013).



## 2. Statuut en structuur van de aanvrager

### *2.1 Naam en vennootschapsvorm*

De aanvrager is de tijdelijke handelvennootschap SEASTAR, handelend in naam en voor rekening van de projectvennootschap nv SeaStar, in oprichting.

THV SEASTAR werd opgericht door:

- De Naamloze Vennootschap Electrawinds, met zetel te 8400 Oostende, Wetenschapspark 1
- De Naamloze Vennootschap Power@sea met zetel te 2070 Zwijndrecht, Haven 1025, Scheldedijk 30

### *2.2 Maatschappelijke Zetel*

De maatschappelijke zetel van de vennootschap bevindt zich te 2070 Zwijndrecht, Haven 1025, Scheldedijk 30



### 3. Methodologie

Na ontvangst van het milieueffectenrapport van het project onderzoeken de verschillende experts van de BMM de onderwerpen met betrekking tot hun expertise. Hierbij wordt gelet op de vermelde gegevens en referenties. Indien nodig worden bijkomende gegevens gevraagd, worden bijkomende studies uitgevoerd en wordt bijkomende literatuur geconsulteerd om alle relevante aspecten van de verwachte milieu-impact te onderzoeken en evalueren. Voor de disciplines die dit vereisen, worden modellen gebruikt om bepaalde voorspellingen te kunnen doen.

Al deze informatie wordt door de experts verwerkt om tot een gefundeerde beoordeling te komen van het project voor wat betreft zijn discipline. De beoordeling houdt ook rekening met het cumulatief aanwezig zijn van andere activiteiten in de zone.

Op basis van zijn beoordeling bepaalt de expert of het project aanvaardbaar is voor zijn discipline. Zo niet meldt hij de eventuele milderende maatregelen die kunnen genomen worden om de activiteit aanvaardbaar te maken. Indien besloten wordt dat de activiteit aanvaardbaar is, gaat de expert na of er aanbevelingen kunnen gedaan worden of bepaalde voorwaarden dienen opgelegd te worden voor het uitvoeren van de activiteit. De expert stelt indien nodig ook het monitoringsplan op voor de discipline van zijn expertise.

Op basis van de beoordelingen van alle experts wordt een algemeen besluit genomen over de aanvaardbaarheid van het project in zijn geheel (over alle disciplines). Eventuele mitigerende maatregelen worden voorgesteld. De aanbevelingen en voorstellen voor voorwaarden waaraan moet voldaan worden door de vergunninghouder, het cumulatieve aspect en de monitoring worden eveneens voor het geheel van het project onderzocht. De voorwaarden en aanbevelingen worden per discipline voorgesteld in de desbetreffende hoofdstukken. Indien bij de monitoring van de activiteit een significant negatieve impact vastgesteld wordt op het mariene milieu, kunnen bijkomende mitigerende maatregelen gesteld worden door de minister.

De milieueffectenbeoordeling wordt als document bij het advies gevoegd dat de BMM aan de minister bevoegd voor het mariene milieu verstrekt. De minister zal, mede op basis van dit advies, de vergunning al dan niet toekennen.

Voor het goede verloop van de activiteiten en om de hoogst mogelijke graad van milieubescherming te verzekeren, is het van belang dat al de windmolenparken in de bij KB van 16 mei 2004 afgebakende zone onderworpen worden aan dezelfde regels. In het bijzonder is het van belang dat de monitoring van het milieu en de controle van de activiteit gecoördineerd en optimaal kunnen gebeuren. Hiertoe dienen, *mutatis mutandis*, de algemene, niet project- of sitespecifieke bepalingen van de machtigingen en vergunningen dezelfde te zijn voor alle parken. Bijgevolg is de BMM van oordeel dat de algemene bepalingen van de vergunningen van C-Power, Belwind, Northwind, Norther en Rentel de artikelen van de besluiten en de niet-specifieke gebruiksvoorwaarden - opgenomen moeten worden, in voorkomend geval, in de aan Seastar te verlenen machtiging/vergunning.

De uitgevoerde milieueffectenbeoordeling focust op de voorziene activiteit in het betrokken concessiegebied en langsheen het voorgestelde kabeltraject en op de meest recente elementen in kennis over de effecten op het milieu in de verschillende disciplines. De in het verleden gemaakte

beoordelingen, voorwaarden, aanbevelingen en monitoringsprogramma's worden getoetst aan de nieuwe beschikbare informatie en waar nodig geactualiseerd. Er wordt tevens rekening gehouden met mogelijke cumulatieve effecten.

Eventuele standpunten, opmerkingen en bezwaren ontvangen tijdens de consultatieprocedure worden in een apart document besproken. Indien relevant worden ze meegenomen in deze milieueffectenbeoordeling.



## 4. Juridische achtergrond

### 4.1 *Wetgeving Natuur en Milieu*

In het MER (IMDC, 2013) wordt een volledig overzicht gegeven van de van toepassing zijnde nationale en internationale wetgeving. De recentste nationale en internationale wetgeving die van specifiek belang is voor deze MEB wordt hier ter verduidelijking meegegeven.

#### 4.1.1 Marine Strategy Framework Directive (MSFD)

Alhoewel er in de Europese wetgeving reeds verschillende richtlijnen bestaan (EIA/SEA/Natura 2000/WFD/ICZM), bestaat er nog geen wetgeving die alle mariene waters beschermt. De MSFD bepaalt daarom het kader waarin EU lidstaten de nodige maatregelen moeten nemen om een goede milieutoestand te houden of te bereiken tegen ten laatste 2020. De richtlijn reikt de lidstaten een reeks milieukeurmerken en antropogene drukken aan die objectief gemeten moeten worden. Dankzij die metingen kunnen er ‘kwaliteitsindicatoren’ voor het ecosysteem uitgewerkt worden. Die indicatoren zijn gebaseerd op een aantal parameters. Voor elke parameter bepalen de lidstaten streefwaarden die door de Europese Commissie worden goedgekeurd. Deze kaderrichtlijn werd omgezet in de Belgische wetgeving met het KB van 23 juni 2010 betreffende de mariene strategie voor de Belgische zeegebieden (BS van 13/07/2010). De richtlijn deelt het ecosysteem op in elf ‘beschrijvende elementen’ die onderling samenhangen. Voor elk van deze beschrijvende elementen (BE) werden specifieke doelstellingen voor een goede milieutoestand vastgelegd. Om de doelstelling te halen, werden evaluatiecriteria en bijhorende indicatoren vastgelegd (Belgische staat, 2012). Wanneer al deze doelstellingen worden gehaald, moet dat ervoor zorgen dat het hele ecosysteem optimaal functioneert.

Voor dit dossier zijn vooral de ‘beschrijvende elementen’ BE1, BE2, BE4, BE6, BE7, BE8 en BE11 met hun evaluatiecriteria van toepassing (de indicatoren kunnen teruggevonden worden in Belgische staat, 2012):

BE1: De biologische diversiteit wordt behouden. De kwaliteit en het voorkomen van habitats en de verspreiding en dichtheid van soorten zijn in overeenstemming met de heersende fysiografische, geografische en klimatologische omstandigheden.

BE2: Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.

BE4: Alle elementen van de mariene voedselketens, voor zover deze bekend zijn, komen voor in normale dichtheden en diversiteit en op niveaus die de dichtheid van de soorten op lange termijn en het behoud van hun volledige voortplantingsvermogen garanderen.

BE6: Integriteit van de zeebodem is zodanig dat de structuur en de functies van de ecosystemen gewaarborgd zijn en dat met name bentische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast.

BE7: Permanente wijziging van de hydrografische eigenschappen berokkent de mariene ecosystemen geen schade.

BE8. Concentraties van vervuilende stoffen zijn zodanig dat geen verontreinigingseffecten optreden.

BE11: De toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, is op een niveau dat het mariene milieu geen schade berokkent.

Tegen juli 2012 werd van de lidstaten verwacht dat ze een beschrijving en beoordeling maakten van de huidige milieutoestand, met inbegrip van de milieu impact van menselijke activiteiten en een socio-economische analyse. Bovendien dienden zij ook de GES te bepalen die ze willen verwezenlijken en milieudoelen met de bijhorende indicatoren vast te leggen. Voor België wordt dit beschreven in Belgische Staat (2012). Tegen juli 2014 worden monitoringsprogramma's verwacht voor alle mariene wateren en vanaf 1 januari 2015 moeten deze operationeel zijn.

Daarnaast worden de mogelijke effecten van de constructie en exploitatie van offshore windparken behandeld in het kader van het OSPAR Verdrag ter bescherming van het noordoostelijke deel van de Atlantische Oceaan (Parijs, 1992).

#### 4.1.2 Habitat –en Vogelrichtlijngebieden in België, Nederland en Frankrijk

##### *België*

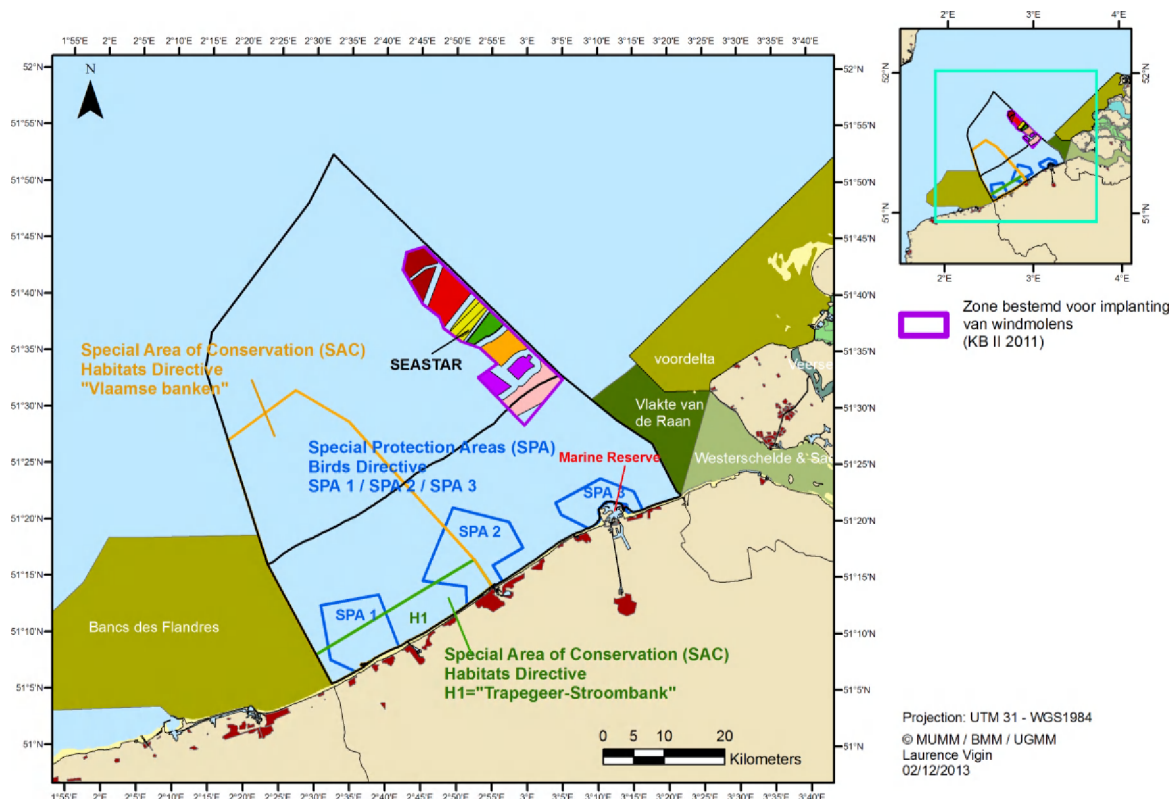
België voerde de Vogel en Habitatrichtlijnen uit met het instellen van verschillende KB's. Een overzicht van deze KB's wordt beschreven in het MER. Als leidraad voor deze MEB wordt hierna een overzicht van de verschillende ingestelde zone's gegeven.

- 3 zones aangeduid als speciale beschermingszones (KB van 14 oktober 2005):
  - een zone rond de haven van Nieuwpoort (SPA1);
  - een zone rond de haven van Oostende (SPA2);
  - een zone rond de haven van Zeebrugge (SPA3)
- 3 zones aangeduid als speciale zone voor natuurbehoud (SBZ-H):
  - een zone genaamd "Trapegeer Stroombank" (KB van 14 oktober 2005), zich uitstrekkende van Oostende tot de grens met Frankrijk, van de laagwaterlijn tot drie mijl in zee (H1). Het KB van 16 oktober 2012 wijzigt het KB van 14 oktober 2005 tot instelling van speciale beschermingszone en speciale zones voor natuurbehoud en officialiseert de uitbreiding van het Trapegeer-Stroombank habitatgebied;
  - een zone genaamd "Vlakte van de Raan", op en rond de gelijknamige zandbank. Bij arrest nr. 179.254 van 1 februari 2008 heeft de Raad van State artikel 8, 2°, van het koninklijk besluit van 14 oktober 2005 tot instelling van speciale beschermingszones en speciale zones voor natuurbehoud in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België, vernietigd (BS 25/04/2008). Het artikel 8, 2°, heeft betrekking op de Vlakte van de Raan". Bijgevolg is de Vlakte van de Raan niet meer aangeduid als SBZ-H.
- 1 gericht marien reservaat (marine reserve) aangeduid, met name een zone aansluitend aan het Vlaamse natuurreservaat "Baai van Heist" (KB van 5 maart 2006).

Een overzicht van deze zones wordt weergegeven in Figuur 4.1.

De in 2004 aangeduide windmolenzone en meer in het bijzonder de originele concessie van Seastar, ligt op minimum 23 km afstand van het Vlaamse banken habitatgebied (zowel voor de originele als de

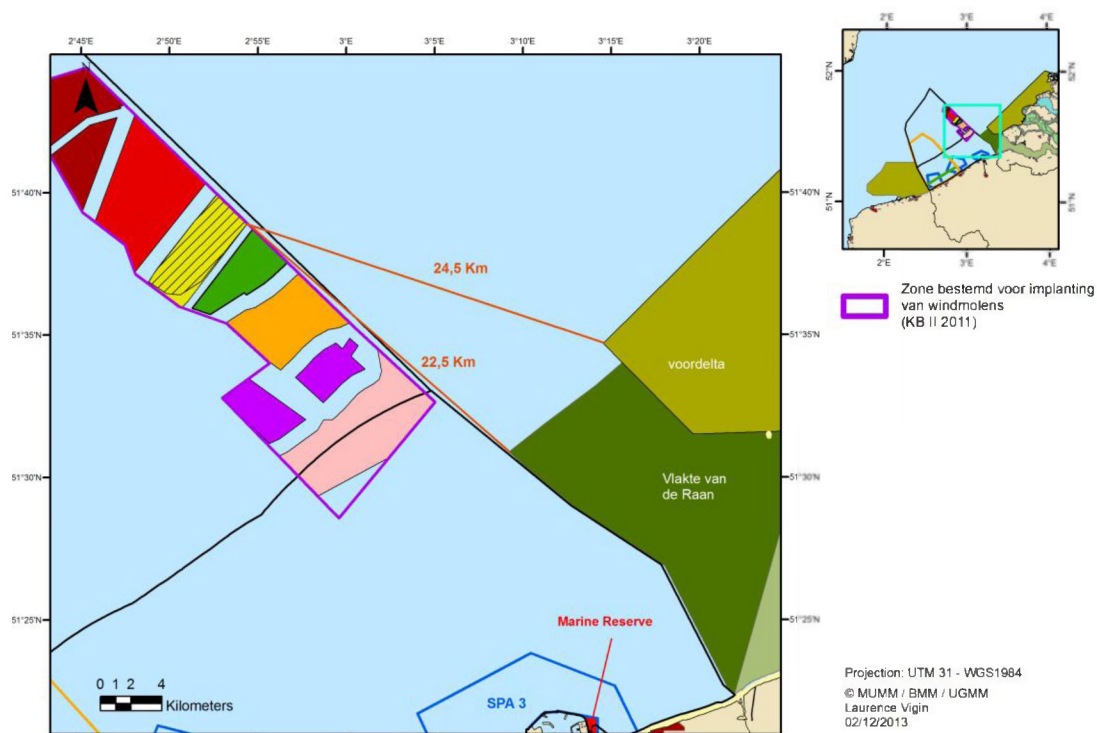
uitgebreide concessie). Voor zover relevant, rekening houdend met de ruimtelijk beperkte aard van de meeste effecten, zal in deze MEB rekening gehouden worden met de bepalingen van de Habitatrichtlijn en de Vogelrichtlijn voor de beschermde gebieden in België.



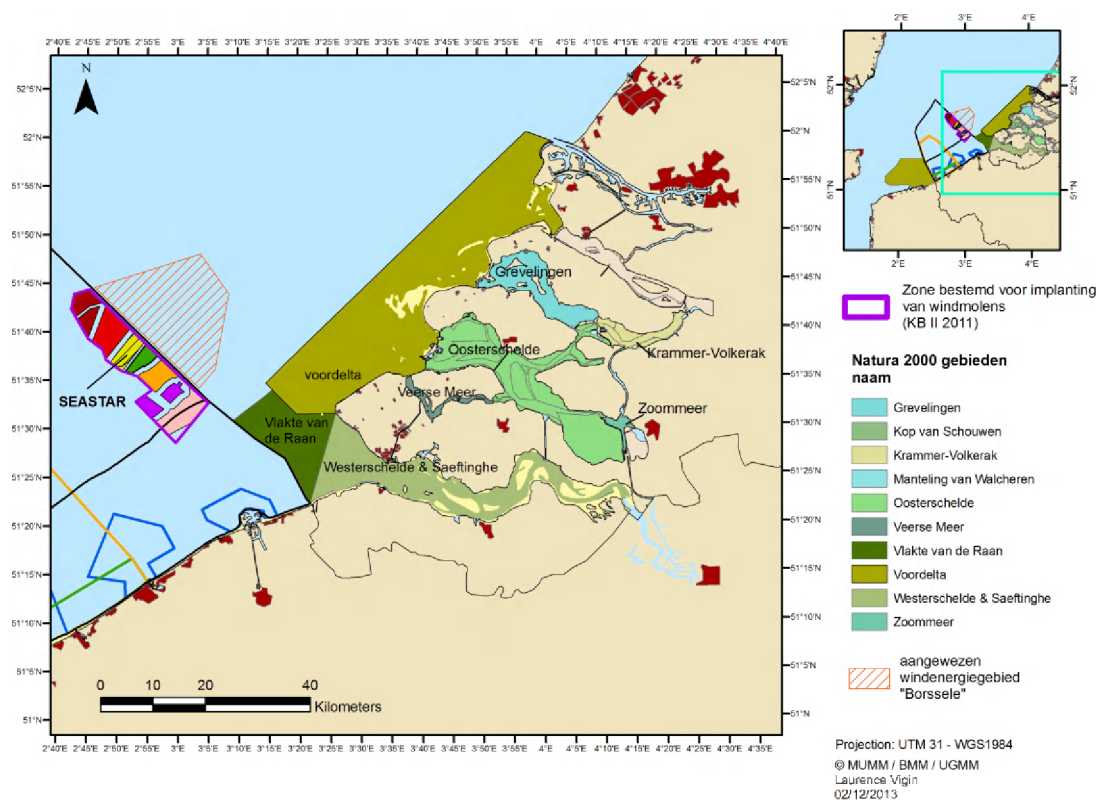
Figuur 4.1 Overzicht van de Belgische beschermde gebieden.

### Nederland

De Seastar concessie ligt op een relatief korte afstand van twee Nederlandse beschermde gebieden (in casu 22,5 km tot de Vlakte van de Raan en 24,5 km tot de Voordelta zie Figuur 4.2) en bijgevolg zal rekening gehouden worden met de bepalingen van de Habitatrichtlijn en de Vogelrichtlijn voor deze gebieden. Dit gebeurt door een passende beoordeling op te stellen alvorens over te gaan tot beslissingen over het al dan niet toekennen van de activiteit. Deze passende beoordeling houdt rekening met de instandhoudingsdoelstellingen (i.f.v. de soorten en habitats waarvoor de site werd aangeduid) die voor het gebied werden opgesteld. De milieueffectenbeoordeling gekoppeld aan de bij de KB's van 2003 voorziene vergunningsprocedure voor mariene activiteiten houdt inspraakmogelijkheden in en wordt samen met de instandhoudingsdoelstellingen voor de Vlakte van de Raan door de Federale overheid beschouwd als een passende beoordeling die tegemoet komt aan de vereisten van de Habitatrichtlijn, artikel 6. Een overzicht van de Nederlandse Natura 2000 zones die zich binnen de mogelijke beïnvloedingszone van het voorgestelde Seastar windmolenpark bevinden wordt weergegeven in Figuur 4.3. De mogelijke effecten van het Seastar windmolenpark op de Nederlandse Natura 2000 gebieden worden besproken doorheen de verschillende hoofdstukken en kort samengevat in Hoofdstuk 18 van deze MEB.



Figuur 4.2 Minimumafstanden van het Seastar park tot de Nederlandse Natura 2000 gebieden Vliete van de Raan en Voordelta.



Figuur 4.3 Overzicht van de Nederlandse beschermde gebieden binnen de mogelijke beïnvloedingszone van het Seastar windmolenpark. Naast het Seastar windmolenpark worden ook de zes andere Belgische concessies aangeduid, net als het Nederlandse windenergiegebied Borssele (gearceerd).

*Frankrijk*

De Seastar concessie ligt op een afstand van 46 km tot het dichtstbijzijnde Franse Natura 2000 gebied: Bancs des Flandres. Dit gebied wordt gekenmerkt door ondiepe zandbanken en is vooral van belang voor gewone zeehond (*Phoca vitulina*), bruinvis (*Phocoena phocoena*) en grijze zeehond (*Halichoerus grypus*). De mogelijke effecten van het Seastar windmolenpark op de soorten aanwezig in dit Franse Natura 2000 gebied worden besproken in Hoofdstuk 11 en kort samengevat in hoofdstuk 18 van deze MEB.

## 4.2 Andere wetgeving

Een overzicht van de niet natuur en milieu gerelateerde wetgeving wordt gegeven in het MER. Enkel recente wijzigingen of wetgeving die het lezen van deze MEB vergemakkelijken worden hierna gegeven.

### 4.2.1 Mariene ruimtelijke planning

De wet van 20 juli 2012 wijzigt de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. Concreet werden aan de wet de bepalingen bijgevoegd die het mogelijk maken om een mariene ruimtelijke planning te kunnen invoeren in de Belgische zeegebieden. Het ontwerp MRP lag ter inzage voor publieke consultatie van 2 juli t.e.m. 29 september 2013. Momenteel wordt het definitieve MRP opgesteld. Het MRP voorziet in een windmolenzone en een zone voor een installatie voor het transport van electriciteit ('stopcontact op zee'). In deze laatste zone zou het geplande ELIA Alpha-eiland met OHVS worden aangelegd.

### 4.2.2 Windmolenzone

In overeenstemming met het internationaal zeerecht duidt het KB van 17 mei 2004 een zone in de Belgische zeegebieden aan voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. Dit KB werd gewijzigd door het KB van 28/9/2008 en 3/2/2011. De eerste wijziging (2008) voorziet in een verschuiving van bevoegdheden voor het adviseren van de minister van Economie en dit m.b.t. concessiedossiers. Waar die bevoegdheid tot nu toe lag bij de CREG, wordt dit door de wijziging gelegd bij de afgevaardigde van de minister van Economie. Dit geldt voor alle toekomstige aan te wijzen concessies. De laatste wijziging (2011) heeft betrekking tot de aanpassing van de zone aan de meest noordelijke en zuidelijke zijde. De aanpassing werden ingegeven na overleg binnen de kustwachtpartners over de scheepvaart in de omgeving van de windmolenzone. Door deze aanpassing werd een veiliger scheepvaartverkeer beoogd.

### 4.2.3 Veiligheidsafstanden

Het KB van 11 april 2012 (BS 1 juni 2012) tot instelling van een veiligheidszone rond de kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid stelt tijdens de exploitatiefase een veiligheidszone in van 500 m rondom kunstmatige eilanden, installaties of inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden, gemeten vanaf elk punt van de buitengrens ervan.

### 4.2.4 Milieuvergunningen

Bij ministerieel besluit van 14 april 2004 werd aan de n.v. C-Power een machtiging verleend voor de

bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windmolenpark van 60 windturbines, met een nominaal vermogen van 3,6 MW per windturbine, inclusief de kabels, voor de productie van elektriciteit uit wind op de Thorntonbank in de Belgische Zeegebieden. Dit besluit werd gewijzigd met de ministeriële besluiten van 10 mei 2006 en van 25 april 2008. Naar alle drie besluiten samen wordt verwezen als “het MB CP” of “de vergunning C-Power”. Op datum van deze MEB (nov 2012) zijn fase 1 en 2 van het C-Power windmolenpark afgewerkt met 36 operationele windturbines (5-6,15 MW) de resterende 18 windturbines van fase 3 (6,15 MW) worden afgewerkt in 2013.

Bij ministerieel besluit van 20 februari 2008 werd aan de n.v. Belwind een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windmolenpark voor de productie van elektriciteit uit wind op de Bligh Bank in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (december 2012) zijn de 55 windturbines van de eerste fase volledig operationeel.

Bij ministerieel besluit van 19 november 2009 werd aan de n.v. Northwind (vroeger Eldepasco) een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windmolenpark voor de productie van elektriciteit uit wind op de Lodewijkbank (vroeger Bank zonder Naam) in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (december 2012) zijn de werken op zee voorzien om te starten in 2013.

Bij ministerieel besluit van 18 januari 2012 werd aan de n.v. Norther een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windmolenpark voor de productie van elektriciteit uit wind ten zuidoosten van de Thorntonbank in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (december 2012) zijn de werken op zee in voorbereiding maar nog niet gestart. Op 18 september 2012 heeft Norther nv haar aanvraag voor een concessieuitbreiding ingetrokken. Bij ministerieel besluit van 19 oktober 2012 werd het ministerieel besluit van 18/1/12 gewijzigd aan de intrekking van de concessieuitbreiding.

Bij ministerieel besluit van 8 februari 2013 werd aan de n.v. Rentel een machtiging verleend voor de bouw en een vergunning voor de exploitatie van een windmolenpark voor de productie van elektriciteit uit wind ten noordwesten van de Thorntonbank in de Belgische Zeegebieden. Op datum van deze MEB (december 2013) zijn de werken op zee in voorbereiding maar nog niet gestart. Op 8 juli 2013 heeft de n.v. Rentel een aanvraag ingediend voor het leggen en de exploitatie van de elektriciteitskabels van het Rentel offshorewindmolenpark waarvoor de procedure op datum van deze MEB (december 2013) nog lopende is.

#### 4.2.5 Domeinconcessies

Bij ministerieel besluit van 20 juli 2012 werd een domeinconcessie aan de tijdelijke handelsvennootschap MERMAID toegekend voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit wind in de zeegebieden gelegen ten noorden van de Bligh Bank.

#### 4.2.6 Overige aanvragen

Op 1 oktober 2013 diende de NV ELIA Asset een aanvraag in tot het verkrijgen van een milieuvergunning en machtiging voor de bouw en de exploitatie van het Belgian Offshore Grid (BOG) waarvoor de procedure op datum van deze MEB (december 2013) nog lopende is.

### 4.3 Besluit

De aanvraag van de THV Seastar wordt behandeld in het kader van een compleet en gepast federaal rechtsstelsel dat rekening houdt met de Europese regelgeving inzake natuurbescherming. De concessie ligt op een afstand van 22,5 km van het dichtste Nederlandse Natura 2000 gebied, op 46 km afstand van het dichtste Franse Natura 2000 gebied en op ~31 km van het dichtste Belgische SBZ-V gebied. De BMM concludeert dat er *a-priori* geen juridische (in de vorm van een bindend verhoogde milieubescherming) en geen beleidsmatige (in de vorm van een structuurplan of een visie van mariene ruimtelijke ordening) beperkingen zijn voor de installatie, exploitatie en ontmanteling van het park en de verbindingsskabels op de gekozen locatie.





## 5. Klimaat en atmosfeer

- De effecten van het windmolenpark op het lokale windregime zijn significant, maar hoofdzakelijk beperkt tot het concessiegebied en de onmiddellijke omgeving ervan.
- De invloed van het voorgesteld windmolenpark op het globale klimaat is minimaal, maar de realisatie ervan zou een significante bijdrage leveren tot de reductiedoelstellingen van België in het kader van het Kyoto-protocol en de NEC-richtlijn.
- De voornaamste negatieve effecten op de atmosfeer situeren zich tijdens de constructie van de onderdelen en de bouwfase.
- Doorgedreven hergebruik van grondstoffen tijdens de ontmantelingsfase zorgt er voor dat windenergie een ecologische levenscyclus heeft in vergelijking met andere elektriciteit opwekkende technologieën.
- Globaal genomen kan men verwachten dat het project een algemeen gunstig effect zal hebben op de atmosfeer en de klimatologische factoren die relevant zijn voor deze milieueffecten-beoordeling.
- Ook de aanleg, exploitatie en ontmanteling van de verbindingkabels maakt deel uit van het project dat in totaal een significante bijdrage zal leveren tot de reductiedoelstellingen van België in het kader van het Kyoto-protocol en de NEC-richtlijn.
- De emissies die vrijkomen bij de bijkomende transportbewegingen tijdens aanleg, exploitatie en ontmanteling van de kabel zullen geen merkbare impact hebben op de lokale luchtkwaliteit.
- Het Seastar project is voor wat betreft de effecten op klimaat en atmosfeer aanvaardbaar voor zowel de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen. Het effect op de atmosfeer is waarschijnlijk het minst gunstig indien gebruik gemaakt wordt van grote aantallen betonnen gravitaire funderingen en het meest gunstig met een maximaal geïnstalleerd vermogen op stalen jacket-funderingen (configuratie 3).

### 5.1 Inleiding

De opwarming van het wereldwijde klimaat is een feit, zoals blijkt uit de wereldwijde toename van de luchttemperatuur, alsook de opwarming van de oceanen, de wereldwijde afname van sneeuw en ijs en de stijging van het gemiddelde zeeniveau (IPCC, 2007). Tijdens de klimaatconferentie in Kyoto werd beslist om maatregelen te nemen om wereldwijd de emissie van broeikasgassen terug te dringen teneinde de effecten van antropogene klimaatsveranderingen te beperken. In navolging van dit protocol werd in december 2008 door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken naar 15% emissievermindering tegen 2020 en waarbij 13% van het finale energieverbruik van hernieuwbare energiebronnen afkomstig moet zijn.

De totale uitstoot van broeikasgassen in België in het jaar 2011 (de laatste beschikbare gegevens) bedroeg 120,2 miljoen ton CO<sub>2</sub>-equivalenten (FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de voedselketen en leefmilieu) of een daling met 16,5% in vergelijking met 1990. Bijkomende inspanning blijven echter noodzakelijk aangezien de EU beslist heeft om tegen 2020 (post-2012 actie) de emissies met minstens 20 % te verminderen t.o.v. het niveau van 1990 (European Commission, 2008). Ook de uitstoot van algemene luchtverontreinigende componenten CO, SO<sub>2</sub>, en PM<sub>10</sub> dient beperkt te worden, dit in het kader van de NEC-richtlijn (2001/81/EG)<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Europese Richtlijn inzake nationale emissieplafonds voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen van 23 oktober 2001.

Het Europese energiebeleid is gebaseerd op twee doelstellingen om de milieudruk te verminderen. Naast een reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot moet ook het aandeel energie geproduceerd uit hernieuwbare bronnen stijgen. In 2001 werd de Europese richtlijn 2001/77/EG betreffende de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen op de interne elektriciteitsmarkt uitgevaardigd. Deze richtlijn legt iedere lidstaat een indicatief streefcijfer op voor de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen in de totale elektriciteitsconsumptie. Voor België was 6% het streefcijfer dat in 2010 bereikt moest worden. Ondertussen heeft de EU zich geëngageerd om tegen 2020, 20 % van de elektriciteitsconsumptie op te wekken uit hernieuwbare energiebronnen (streefcijfer voor België: 13%). Uit het nationaal actieplan voor hernieuwbare energie blijkt echter dat hernieuwbare energiebronnen in 2012 slechts 6% van de totale elektriciteitsproductie uitmaken (Eurostat electricity statistics 2012).

Windenergie kan, indien op een verantwoorde manier wordt omgegaan met het ecosysteem, een duurzame, hernieuwbare energiebron zijn die op termijn de conventionele energiebronnen gedeeltelijk kan vervangen. Het koninklijk besluit van 17 mei 2004<sup>3</sup> voorziet een mariene zone in de EEZ van België in de Noordzee voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. Momenteel zijn er in België reeds twee offshore windturbineparken die elektriciteit leveren aan het net (C-Power en Belwind). Een derde park, Northwind, zal vanaf het voorjaar van 2014 elektriciteit leveren aan het net. Op 18 januari 2012 en 8 februari 2013 ontvingen respectievelijk de nv Norther en de nv Rentel een machtiging voor de bouw en vergunning voor de exploitatie van een vierde en vijfde windmolenpark.

Voorliggend project is het zesde windmolenpark waar een machtiging en vergunning voor wordt aangevraagd. Het totale vermogen van dit park zal tussen de 246 MW (41 turbines van 6 MW) en 540 MW (54 turbines van 10 MW) bedragen. Dit resulteert in een netto elektriciteitsproductie van 800-1400 GWh/jaar. Dit komt overeen met 0,87-1,53% van de netto Belgische elektriciteitsproductie (91.400 GWh/jaar in 2010 - eurostat, 2012) of 0,72-1,27% van het nationale streefcijfer voor elektriciteitsverbruik in 2020 (110.000 GWh/jaar – CONCERE-ENOVER, 2010).

## 5.2 Te verwachten effecten

Bij de bespreking van de te verwachten effecten van het SeaStar offshore windmolenpark worden zowel de effecten op het lokale windklimaat door de aanwezigheid van het windmolenpark als de effecten op het globale klimaat door de vermindering van de emissie van broeikasgassen besproken. Daarnaast kan men tijdens de exploitatiefase een beperkte warmtedissipatie verwachten ter hoogte van de park- en verbindingsskabels. Dit effect wordt verder besproken onder het hoofdstuk 13 Elektromagnetische velden en warmtedissipatie.

### 5.2.1 Lokaal windklimaat

Op lokale schaal zal het windregime in de concessie beïnvloed worden door de aanwezigheid van de turbines. Enerzijds komt dit door het feit dat de turbines zelf een obstakel vormen voor de wind.

---

<sup>3</sup> Het koninklijk besluit van 17 mei 2004 tot wijziging van het koninklijk besluit van 20 december 2000 betreffende de voorwaarden en de procedure voor de toekenning van domeinconcessies voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden, in de zeegebieden waarin België rechtsmacht kan uitoefenen in overeenstemming met het internationale zeerecht.

Anderzijds gaan de windturbines energie onttrekken aan de wind, hetgeen een turbulente zogstroming met lagere windsnelheden veroorzaakt achter de rotor. Deze zogeffecten (parkeffect) zullen de lay-out van het park bepalen omdat de ontwikkelaar rekening moet houden met het productieverlies (lagere windsnelheden) en de vermoeidheidsbelasting van de turbines (turbulentie) (Mathys *et al.*, 2009). Nielsen (2003) berekende dat een optimale efficiëntie bekomen werd met een tussenafstand van 8 tot 9 rotordiameters (minimum afstand tussen twee rijen turbines volgens de dominante windrichting). De configuraties voorgesteld in het MER resulteren in een (globale) tussenafstand van 5 tot 7 rotordiameters in de overheersende windrichting (IMDC, 2013a). In het geval van een tussenafstand van 5 rotordiameters kan men een gemiddeld verlies van ca. 22% verwachten dat merkbaar blijft tot meer dan 3 km achter de turbine (Arcadis, 2011). Om het verlies in windsnelheid achter een windmolenpark te beperken tot 0,5 m/s dient een tussenafstand van 10 tot 30 km in de overheersende windrichting (hier WZW) in acht genomen te worden tussen de parken (Brand, 2009).

### 5.2.2 Globaal klimaat en atmosfeer

De realisatie van het Seastar windmolenpark beoogt een positieve bijdrage te leveren aan de reductie van de uitstoot van CO<sub>2</sub> onder de vorm van ‘vermeden emissies’<sup>4</sup>. Dit windmolenpark zal slechts minimaal bijdragen tot het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen op wereldschaal, maar zal wel een meetbare bijdrage leveren op Belgisch vlak. In de evaluatie van de effecten van dit offshore windturbinepark op het klimaat, werd er met behulp van een Life Cycle Analysis (LCA) een afweging gemaakt tussen de emissies geproduceerd tijdens de bouw van het park en van alle elementen die er deel van uitmaken en de vermeden emissies tijdens de exploitatiefase (IMDC, 2013b). Deze LCA werd uitgevoerd voor een 10 MW turbine op jacket of gravitaire fundering (GBF) in 40 m diep water en op 40 km van de kust. Op basis van deze LCA wordt in het MER aangetoond dat de realisatie van het Seastar windmolenpark aanleiding zou kunnen geven tot een reductie van emissies met 968.000 ton CO<sub>2</sub> per jaar, 938 ton SO<sub>2</sub> per jaar en 1049 ton NO<sub>x</sub> per jaar (t.o.v. klassieke Belgische productie). Uit de LCA blijkt eveneens dat de energieconsumptie vereist voor de productie van een dergelijke turbine veruit het grootste deel uitmaakt van de totale energieconsumptie over de hele levenscyclus (~80%). Tijdens de productiefase werd de totale energieconsumptie geschat op ca. 16 GWh voor de productie van een 10 MW windmolen op een jacket fundering. Voor een 10 MW windmolen op een GBF is er meer energie nodig, namelijk ca. 18 GWh. Op basis van deze LCA kan men bovendien besluiten dat de totale energieconsumptie (over de hele levenscyclus van de 10 MW turbine) terugverdient wordt in het eerste jaar van operatie (energieterugverdientijd van 8,5 maanden voor jacket fundering en 9,4 maanden voor gravitaire fundering). Deze resultaten dienen echter genuanceerd te worden aangezien er in de LCA geen rekening gehouden werd met de energieconsumptie en CO<sub>2</sub> uitstoot van het transformatorplatform en de park-, verbindings- en exportkabels (productie, installatie, onderhoud- en ontmanteling).

Tabel 5.1. Energieconsumptie (in GWh) per 10 MW windturbine over de loop van de hele levenscyclus (op basis van IMDC, 2013b)

	<b>GBF</b>	<b>Jacket</b>
Productiefase	18,00	16,00
Transportfase	0,15	0,14
Installatiefase	0,50	0,50

<sup>4</sup> De hoeveelheden CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> die minder uitgestoten worden omdat windenergie per GWh minder emissies van deze stoffen veroorzaakt dan de klassieke elektriciteitsproductie

	<b>GBF</b>	<b>Jacket</b>
Exploitatiefase - onderhoud	1,64	1,64
Exploitatiefase – productie (20 jaar)	-518,52	-518,52
Ontmantelingsfase	0,00	0,00
<b>Totaal</b>	<b>-498,23</b>	<b>-500,24</b>

### 5.2.3 Cumulatieve effecten

Er is een positief cumulatief effect verwacht op de atmosfeer van de verschillende reeds aanwezige of vergunde windmolenparken in de zone voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. De realisatie van het Seastar project (windpark + verbindingskabels) zal leiden tot het afremmen van de stijgende emissies van broeikasgassen en luchtverontreinigende componenten. Deze vermeden emissies van broeikasgassen en verontreinigende stoffen compenseren de extra emissies van broeikasgassen en verontreinigende stoffen die veroorzaakt worden door de schepen die moeten omvaren (zie Marin, 2013a).

## 5.3 Besluit

### 5.3.1 Aanvaardbaarheid

Het valt niet te verwachten dat de installatie, exploitatie en ontmanteling van het Seastar windmolenpark inclusief verbindingskabels negatieve effecten zal hebben op enerzijds de lokale luchtkwaliteit of anderzijds het globale klimaat.

Indien de geproduceerde energie door het Seastar windmolenpark aanleiding zou geven tot een equivalente vermindering van geproduceerde energie d.m.v. klassieke thermische productie dan zou dit leiden tot een positief effect op de luchtkwaliteit. Het Seastar project komt overeen met 12,3 % (41 turbines van 6 MW) tot 27 % (54 turbines van 10 MW) van de doelstelling van het Federaal Planbureau om 2000 MW offshore windenergie te installeren tegen 2020.

Deze overwegingen maken het duidelijk dat het globale project een algemeen gunstig effect kan hebben op de atmosfeer en de klimatologische factoren die relevant zijn voor deze milieueffectenbeoordeling. Dit project draagt bij tot het realiseren van de vooropgestelde emissiereductiedoelstellingen en past binnen de nationale en Europese energiestrategie. Het project is bijgevolg aanvaardbaar voor wat betreft eventuele effecten op klimaat en atmosfeer en dit voor wat betreft alle mogelijke alternatieven opgenomen in de aanvraag.

### 5.3.2 Voorwaarden en aanbevelingen

De BMM heeft geen specifieke voorwaarden of aanbevelingen voor dit onderdeel.

## 5.4 Monitoring

De BMM vraagt geen monitoring voor dit onderdeel.

## 6. Hydrodynamica en sedimentologie

- Het MER voorziet in de mogelijke toepassing van vier funderingstypes en installatietechnieken, enerzijds monopiles of jacket funderingen, die of in de bodem worden geheid of worden geïnstalleerd met behulp van de suction bucket techniek, anderzijds gravitaire funderingen.
- De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken en het optreden van erosie rond de palen en de kabels tijdens exploitatie. Bij het gebruik van gravitaire funderingen zullen bovendien belangrijke bagger- en dumpingswerken plaatsvinden.
- Uit ervaring met monopiles of jacketfunderingen, die worden geheid, blijkt dat wat hydrodynamica en sedimentologie betreft, de impact slechts tijdelijk en verwaarloosbaar is.
- Bij het gebruik van gravitaire funderingen, zeker op deze schaal, met 62 funderingen, zal een belangrijke hoeveelheid materiaal uitgebaggerd worden bij de voorbereiding van de zeebodem, en tijdelijk terug in de concessiezone gestockeerd worden. Bovendien zal er bij de backfill en infill van de gravitaire funderingen meer materiaal moeten worden gebaggerd dan er in de concessiezone werd gestockeerd. Dit bijkomende nodige zand kan niet uit de concessiezone gewonnen worden, maar zal moeten worden gewonnen in de daarvoor voorziene zandextractiezones. De effecten, die deze baggerwerken zullen hebben op de turbiditeit, zijn onvoldoende gekend en daarom zal bij gebruik van gravitaire funderingen een monitoring van de mogelijke verhoging van de turbiditeit opgelegd worden.
- Het gebruik van de suction bucket techniek wordt in het MER kort beschreven, maar er is op het ogenblik nog zeer weinig beschikbare informatie over deze techniek. Het is duidelijk dat hier nog leemten zijn in de kennis. Er kan worden verwacht dat door het opzuigen van het zand/slib/klei tijdens de installatie een tijdelijk verhoogde turbiditeit zal worden gegenereerd, die een bijkomende monitoring vereist.
- Uit ervaring blijkt dat het vrijkomen van de kabels een reële mogelijkheid is. Dit werd ook waargenomen tijdens de monitoring van de exportkabels van het C-Power en het Belwind windmolenpark. Het is duidelijk dat in bepaalde gebieden de zandduinen mobiel zijn en dat een migratie van deze zandduinen met een 10-tal meter per jaar tot de mogelijkheid behoort. Daarom is het nodig om de bedekking van de kabels op een regelmatige basis te controleren. Bovendien wordt aanbevolen om in gebieden met mobiele zandduinen de kabels niet 1 tot 2 m onder de zeebodem te leggen, maar 1 m onder de basis van de zandduinen te leggen, dit om het vrijkomen van de kabels te vermijden.
- Bij het toepassen van monopiles of gravitaire funderingen wordt statische erosiebescherming aangebracht. In het geval van jacketfundering wordt in maximaal de helft van de funderingen, in zones met een dun Quartair dek, een dynamische erosiebescherming aangebracht. Rondom de andere jacketfunderingen wordt geen erosiebescherming aangebracht. Het is duidelijk dat het mogelijke ontstaan van erosieputten moet gemonitord worden, zodat de stabiliteit van de funderingen nooit in gevaar kan komen.
- Wat betreft de hydrodynamica, de sedimentdynamica en de morfologie worden er geen onaanvaardbare effecten verwacht voor het mariene milieu en kan dus worden gesteld dat het project aanvaardbaar is, voor alle configuraties en funderingstypes, mits inachtnaam van een aantal voorwaarden.

## 6.1 Inleiding

Het geplande project zal, afhankelijk van de uitvoering, bepaalde effecten hebben op de lokale sedimentologie. De te verwachten effecten zijn afhankelijk van het type fundering en de configuratie die zal worden toegepast. Er moet hierbij worden opgemerkt dat er nog onzekerheid bestaat over de funderingen die zullen worden gebruikt. In het MER wordt melding gemaakt van de mogelijkheid van het gebruiken van monopiles, jacket funderingen of gravitaire funderingen. Ook de mogelijkheid om gebruik te maken van de suction bucket techniek voor de installatie van monopile en jacketfunderingen wordt opengelaten. De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken en het optreden van erosie rond de palen tijdens de exploitatiefase. Deze erosie zal bij de installatie van monopiles en gravitaire funderingen worden tegengegaan door het aanbrengen van erosiebescherming. Ook bij ongeveer de helft van de jacketfunderingen zal (dynamische) erosiebescherming worden toegepast. Bovendien zullen bij het gebruik van gravitaire funderingen belangrijke bagger- en dumpingswerken plaats vinden. Ook de mogelijkheid van het vrijkomen van de kabels moet worden gecontroleerd.

Een monitoring wordt voorgesteld die moet verzekeren dat de verhoging van de turbiditeit aanvaardbaar blijft, dat geen erosieputten optreden die de stabiliteit van de windmolens in gevaar kan brengen, en dat de kabels bedekt blijven.

### 6.1.1 Beschrijving van de actuele situatie

#### 6.1.1.1 Geologie, sedimenttransport en morfologische veranderingen

In het MER wordt de geologie in het projectgebied uitgebreid besproken. Het is belangrijk te benadrukken dat in het projectgebied het Quartair in het westen en het centrale deel van het projectgebied zeer dun is en enkel bestaat uit de dikte van de recente zandduinen. In de troggen tussen de zandduinen is het Quartair dikwijls dunner dan 4 m. Onder deze Quartaire zandlagen is het Tertair terug te vinden, met afwisselende kleilagen en zandhoudende kleilagen.

In het gebied zijn zandduinen te vinden met een hoogte van 2 tot 4 m, al zijn lokaal ook hoogtes tot 10 m waargenomen. Langs de noordoost-, zuidoost- en zuidwestrand van het gebied komen hoge duinen voor, uitlopers van de duinen op de Lodewijkbank. In het centraal gedeelte komen meer geïsoleerde, iets lagere zandduinen voor. Uit de asymmetrie van de zandduinen kan worden afgeleid dat het sedimenttransport in het (noord)westen van het gebied eerder vloedgedomineerd is en in het oosten van het gebied, dicht tegen de Lodewijkbank, eerder ebgedomineerd. Het transport rond de Zeelandbanken is tegenwijzersin.

In bijlage bij het MER werd een rapport toegevoegd (IMDC, 2013b), waarin het sedimenttransport ter hoogte van het Seastar projectgebied wordt beschreven voor een zomersituatie, zonder meteorologische invloeden, en voor een wintersituatie, waarbij de meteorologische invloeden en de golven in rekening gebracht worden, tijdens een 1-jarlijks terugkerend storm. Het model voorspelt eerder noordoostelijk, dus vloedgedomineerd, transport in het gehele gebied, maar het sedimenttransport blijft vrij beperkt met een maximum van  $11 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m/s}$  tijdens springtij en in wintercondities (storm). De veranderingen van het bodemniveau over een springtij-doodtij cyclus blijven beperkt tot 0,06 m.

### 6.1.1.2 Turbiditeit

Door het zandige karakter van de oppervlaktelaag en de ligging offshore, zal de turbiditeit ter hoogte van de concessiegebied lager zijn dan in het turbiditeitsmaximum voor de Belgische kust. In het MER wordt een gemiddelde waarde van 4 mg/l vermeld ter hoogte van de nabijgelegen Thorntonbank (ten zuiden) en Bligh Bank (ten noorden).

### 6.1.2 Klimaatsveranderingen

Veranderingen in stromingskarakteristieken en morfologie op het BCP onder invloed van de klimaatsveranderingen kunnen de komende jaren een rol spelen. Vooral de verandering van het voorkomen en intensiteit van stormen kunnen van belang zijn. Recent onderzoek (Ullmann *et al.*, 2009; Van den Eynde *et al.*, 2012; Van den Eynde, 2011) lijkt er op te wijzen dan voor de Belgische kustzone geen stijging van het aantal stormen of van de stormintensiteit verwacht wordt. Er is echter nog steeds veel onduidelijkheid hier omtrent.

## 6.2 Te verwachten effecten

### 6.2.1 Inleiding

De te verwachten milieueffecten van een windmolenpark worden voorgesteld in het MER en werden reeds uitvoerig besproken in de milieueffectenbeoordelingen (MEB), die door de BMM werden opgesteld voor het windmolenpark op de Thorntonbank (BMM, 2004), voor de veranderingen aan het oorspronkelijke MER voor hetzelfde windmolenpark op de Thorntonbank (BMM, 2006), voor het windmolenpark op de Bligh Bank (BMM, 2007), op de Lodewijkbank (BMM, 2009), ten zuiden van de Thorntonbank (Rumes *et al.*, 2011) en tussen de Thorntonbank en de Lodewijkbank (Rumes *et al.*, 2012a). Hier wordt vooral ingegaan op de specifieke informatie van het huidige project of op nieuwe recente informatie.

De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken, het optreden van erosie rond de palen tijdens de exploitatiefase en het baggeren en dumpen van sedimenten, vooral bij de installatie van gravitaire funderingen. Voor monopiles en voor gravitaire funderingen en voor ongeveer de helft van de jacketfunderingen wordt de erosie tegen gegaan door het aanbrengen van erosiebescherming. Tot slot is het ook mogelijk dat de kabels, door de migratie van zandduinen, vrij komen te liggen.

### 6.2.2 Funderingen

Er moet worden opgemerkt dat in het Seastar project nog onzekerheid bestaat over de grootte van de te installeren windturbines, over het aantal windturbines en over het type fundering die zal worden gebruikt. In het MER wordt zowel het gebruik van monopiles, van jacketfunderingen, of van gravitaire funderingen besproken. Ook het gebruik van suction bucket techniek als alternatief voor het heien van de monopiles of jacketfunderingen wordt kort besproken, alhoewel het gebruik van deze techniek nog steeds in een experimentele fase is en de toepassing ervan dus niet waarschijnlijk is.

Zowel bij het gebruik van monopiles, wanneer er statische erosiebescherming wordt toegepast, als voor het jacketfunderingen, zullen voor ongeveer de helft van de funderingen, in de zones van de grote zandduinen, nivelleringswerken worden uitgevoerd en zal een belangrijke hoeveelheid zand worden uitgegraven en moeten gestockeerd worden. Voor de monopiles wordt geschat dat per

fundering ongeveer 19.000 m<sup>3</sup> worden uitgegraven, voor de jacketfunderingen ongeveer 16.000 m<sup>3</sup>. Dit zand zal gestockeerd worden in hopen tot een hoogte van 5 m. Wanneer er rekening wordt gehouden met een bagger- en stortverlies van 30 % (zie Van den Eynde *et al.*, 2010) komt dit er voor configuratie 1, met 62 windmolens, op neer dat 358.000 m<sup>3</sup> (jacketfunderingen) tot 425.000 m<sup>3</sup> (monopiles) zal moeten worden gestockeerd.

Wanneer er gravitaire funderingen zullen gebruikt worden, zal er per turbine ongeveer 90.000 m<sup>3</sup> zand worden uitgegraven, waarvan er een deel terug zal worden gebruikt, voor de backfill van de funderingsput en de infill in de gravitaire fundering. Voor de configuratie 1 betekent dit dat in het totaal 5.670.000 m<sup>3</sup> zand zal worden uitgegraven. Dit is een worst-case-scenario, aangezien dit de configuratie is met de meeste windmolens en dat bovendien niet voor elke fundering een funderingsput van 7,5 m diep zal worden gegraven. Wanneer eerder het (hardere) Tertiair zal worden bereikt, kan de funderingsput minder diep worden uitgegraven. Toch is dit zeker een zeer aanzienlijk hoeveelheid zand die zal worden gewonnen, in vergelijking met het volume van ~2 miljoen m<sup>3</sup> zand dat jaarlijks voor commercieel gebruik wordt gewonnen. Rekening houdend met het bagger- en stortverlies van ongeveer 30 tot 35 % (Van den Eynde *et al.*, 2010) zal er dus in dit geval bijna 4.000.000 m<sup>3</sup> zand (en in mindere mate kleihoudende zand en klei) moeten gestockeerd worden. Als het zand in hopen van 5 meter hoog wordt gestockeerd, zijnde dezelfde grootteorde als de zandduinen die in het gebied optreden, zal er in het totaal bijna 800.000 m<sup>2</sup> (of 3,9 % van het uitgebreide concessiegebied) nodig zijn voor de stockage van het zand en de klei.

Er kan eventueel worden overwogen om meerdere zandhopen tot een hoogte van 5 m te gebruiken. Het is de bedoeling dat het zand en klei zo gestort wordt dat het op een natuurlijke wijze terug getransporteerd wordt naar de plaatsen waar het werd weggenomen. Hierbij kan uitgegaan worden van sedimenttransportmetingen of resultaten van het sedimenttransportmodel. Anderzijds moet sowieso er rekening mee worden gehouden dat kan worden aangenomen dat de stabiliteit van deze kunstmatige zand- en kleiophopen relatief groot is (BMM, 2006).

Rekening houdende met de ‘bagger- en stortverliezen’, die aan de hand van de ervaring met gravitaire funderingen die werden geïnstalleerd in het C-Power windmolenpark geschat worden op ongeveer 30 % (Van den Eynde *et al.*, 2010), wordt er in het MER gesteld dat er verwacht wordt dat er, in het geval gravitaire funderingen zullen worden gebruikt, ongeveer 1.600.000 m<sup>3</sup> extra zal moeten worden gewonnen om de benodigde 62.000 m<sup>3</sup> per fundering te bekommen voor de infill en de backfill (voor de worst-case configuratie van 63 funderingen). Dit is, in vergelijking met het volume van ~2 miljoen m<sup>3</sup> zand dat jaarlijks voor commercieel gebruik wordt gewonnen, zeer aanzienlijk. Het is duidelijk dat er niet in de concessiezone gewonnen kan worden. De benodigde hoeveelheid zand zal in de hiervoor voorziene en/of aangeduide extractiezones moeten gewonnen worden.

### 6.2.3 Erosiebescherming en erosieputten

In het MER wordt gesteld dat in het geval van monopile funderingen er zal gekozen worden voor het aanbrengen van een statische of dynamische erosiebescherming. Ook voor de gravitaire funderingen wordt een erosiebescherming voorzien. Wanneer een jacketfundering zal worden gebruikt, wordt een dynamische erosiebescherming voorzien in ongeveer de helft van de funderingen, namelijk bij de funderingen waar er geen hoge zandduinen aanwezig zijn en het Quartair dun is en er dus geen nivelleringswerken worden uitgevoerd.

Zoals vroeger reeds opgemerkt (Rumes *et al.*, 2011) kan rond de structuren de ontwikkeling van



erosieputten worden verwacht, wanneer geen (of onvoldoende) erosiebescherming wordt aangebracht. Bovendien kan er ook secundaire erosie optreden, waardoor ook kabels aan de oppervlakte komen, met soms zelfs schade aan de kabels tot gevolg. Aangezien er hierover nog onvoldoende kennis is, moet dit moet worden opgevolgd.

## 6.2.4 Verhoging van de turbiditeit

### 6.2.4.1 Monopiles en jacketfunderingen, kabelwerken

Bij het gebruik van monopiles met statische erosiebescherming of jacket funderingen zullen op ongeveer de helft van de sites nivelleringswerken worden aangebracht, waarbij baggerwerken zullen worden uitgevoerd, wat een verhoging van de turbiditeit met zich zal meebrengen. Bovendien wordt in een gebied met mobiele zandduinen aanbevolen dat de kabel niet minimum 1 m onder de actuele zeebodem wordt gelegd, maar 1 m onder de basis van de zandduinen wordt gelegd (zie verder). Dit zal natuurlijk ook bijkomende baggerwerken nodig maken voor het graven van de sleuf, waarin de kabel kan worden gelegd. Het is echter in al deze gevallen zo dat de baggerwerken beperkt zullen blijven in vergelijking met de jaarlijks uitgevoerde baggerwerken voor het onderhoud van de vaargeulen en de zeehavens. Bovendien worden de baggerwerken uitgevoerd in een zone met weinig fijn materiaal, zodat het gebaggerde en gedumpte zand snel zal bezinken.

Verder kunnen ook het ploegen of jetten van de kabels, het heien van de monopiles of jacketfunderingen, het plaatsen van de erosiebescherming of de vorming van (secundaire) erosieputten, mogelijk een tijdelijke verhoging van de turbiditeit met zich meebrengen.

Aangezien dit windmolenpark niet op een zandbank zelf ligt, maar in de geul tussen de Bligh bank en de Lodewijkbank, moet er verder rekening worden gehouden met het feit dat de installatie van dit windmolenpark gebeurt in een zone waar het Quartair veel dunner is en waar dus Tertiaire kleilagen (kunnen) dagzomen wat een langdurende verhoging van turbiditeit met zich mee zou kunnen brengen.

In Rumes *et al.* (2011) wordt echter gesteld dat er bij het toepassen van monopiles en jacketfunderingen geen belangrijke verhoging van de turbiditeit werd vastgesteld en dat de vastgestelde verhoging beperkt bleef tot 11 %. Ook in de uitgevoerde monitoring bij het gebruik van monopiles in het Belwind windmolenpark (Van den Eynde *et al.*, 2013a, 2013b) werd geen belangrijke verhoging van de turbiditeit vastgesteld.

Er kan worden aangenomen dat de verhoging van de turbiditeit door de installatie (voorbereidende nivelleringswerken en heien) van monopiles of jacketfunderingen, door het installeren van erosiebescherming, door het graven van een sleuf voor het installeren van kabels, en/of door het jetten of ploegen van de kabels, beperkt in tijd en in grootte zal zijn. Er wordt in dit geval dan ook geen bijkomende monitoring opgelegd.

### 6.2.4.2 Verhoging turbiditeit bij gebruik van gravitaire funderingen

Bij het gebruik van gravitaire funderingen wordt er in het MER gesteld dat er ongeveer 90.000 m<sup>3</sup> zal worden uitgegraven per gravitaire fundering. Dit is een aanzienlijke hoeveelheid. Rekening houdende met het aantal gravitaire funderingen die gepland worden, namelijk tussen 41 (basisconfiguratie) of 62 (configuratie 1), wordt er dus verwacht dat tussen 3,78 en 5,67 miljoen m<sup>3</sup> zand/klei zal worden uitgegraven. In vergelijking met de hoeveelheid zand die wordt gewonnen op zee, namelijk ~2 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar, is dit een zeer belangrijke hoeveelheid. De bezorgdheid bestaat dan ook dat deze zand- en kleiverplaatsingen een significante verhoging van de turbiditeit met zich zal meebrengen. Vooral voor het Natura2000 gebied 'De Voordelta' in Nederland is er bezorgdheid voor

de verhoging van de turbiditeit.

Als bijlage bij het MER werd een studie toegevoegd (IMDC, 2013c), waarbij een eerste inschatting werd gemaakt met behulp van een sedimenttransportmodel, van de verhoging van de turbiditeit als gevolg van de bagger- en stortactiviteiten tijdens de installatie van 1 gravitaire fundering. In de studie wordt enkel de dispersie van het fijne materiaal gemodelleerd, waarbij er dan van uitgegaan wordt dat de zandpartikels veel sneller zullen bezinken. Er wordt hierbij uitgegaan van een hoeveelheid van (slechts) 3 % slib. Verder wordt er uitgegaan van een opwelling van materialen van 1 % tijdens het baggeren, van een overflow van materialen van 17 %, die in de waterkolom achterblijven, en van een verlies van 30 % van het materiaal tijdens het dumpen.

Uitgaande van deze randvoorwaarden wordt aangetoond dat de overschrijding van een achtergrondwaarde van 4 mg/l maximaal slechts gedurende een 3,5 uren wordt overschreden, tijdens de baggerwerken voor één funderingsput, d.i. in ongeveer 10 % van de tijd. De sedimentpluim (met SPM concentraties hoger dan de achtergrondwaarde van 4 mg/l) kan een afstand afleggen van 2400 m, en de pluim blijft beperkt tot een doorsnede van 700 m. In de concessiezone is de concentratie in 96 % van de tijd lager dan de 10 mg/l. De studie lijkt dus aan te tonen dat de verhoging van de turbiditeit zeer lokaal en beperkt in tijd zal zijn.

Bij de interpretatie van deze modelresultaten moet er wel rekening mee worden gehouden dat de hoeveelheid materiaal die in suspensie wordt gebracht klein lijkt, dat er geen rekening wordt gehouden met de dispersie van (fijn) zand en dat zeker in de diepere zones van het gebied het Quartair zeer dun kan zijn (zie hierboven) en dat er dus meer dan 3 % klei en slib in het gebaggerde materiaal kan zitten. Anderzijds zal het uit het Tertiair opgegraven materiaal wel een veel grotere hoeveelheid klei bevatten. Deze klei zal bestaan uit zeer harde tertiaire kleien, waarvan kan worden aangenomen dat het materiaal als harde brokken zal opgegraven worden, in plaats van als materiaal dat in suspensie zal komen. Bij het graven van een tunnel onder de Westerschelde door een Boomse klei, bleek inderdaad dat het materiaal uit harde brokken bestond en niet in suspensie kwam (Kornman en van Madelgem, 2002). Ook hier kan men dus redelijkerwijze aannemen dat de kleibrokken kunnen gestort worden, zonder dat deze direct in suspensie zullen komen en een verhoging van de turbiditeit zullen veroorzaken.

Verder worden in het MER ook andere studies vermeld waarbij de verhoging van de turbiditeit, hoger dan 10 mg/l beperkt blijft tot 20 % van de tijd en dat de invloedssfeer van een overflow van fijn sediment beperkt blijft tot 11 km.

Ondanks deze eerste modelresultaten en ondanks de redenen om aan te nemen dat de turbiditeit niet significant zal verhogen, blijft de bezorgdheid bestaan.

Daarom wordt ook, in het geval van het toepassen van een belangrijke aantal gravitaire funderingen in dit gebied, een bijkomende monitoring opgelegd, om een mogelijke significante verhoging van de turbiditeit op te meten, zoals ook werd opgelegd voor het windmolenpark van Norther en Rentel (Rumes *et al.*, 2011; 2012a). Dit wordt trouwens ook aanbevolen in DECC (2008a).

#### 6.2.4.3 Verhoging turbiditeit bij gebruik van de suction bucket techniek

In het MER wordt ook de mogelijkheid opengelaten van de toepassing van de suction bucket techniek. In het MER wordt echter weinig informatie gegeven over deze techniek, bijvoorbeeld over de mogelijke verhoging van de turbiditeit bij deze techniek. Uitgaande van het feit dat er zand en slib zullen worden opgezogen en in de waterkolom zullen worden gelost, kan er verwacht worden dat de turbiditeit verhoogd wordt. Er is echter geen indicatie over de hoeveelheid van het vrijgekomen materiaal of de te verwachten verhoging van de turbiditeit. Dit is dus een duidelijke leemte in de kennis. Rekening houdende met de dunne Quartaire lagen en met de nabijheid van het Natura2000

gebied ‘De Voordelta’ in Nederland, wordt daarom bij de toepassing van de suction bucket techniek een bijkomende monitoring opgelegd, voor de controle van een mogelijke verhoging van de turbiditeit in de waterkolom. Dit is in de lijn met de bijkomende monitoring in het geval van de toepassing van gravitaire funderingen en is in overeenstemming met de aanbevelingen in DECC (2008a).

### 6.2.5 Effecten op hydraulica

Zoals vroeger (BMM, 2006, 2007, 2009; Rumes *et al.*, 2011, 2012a) reeds was aangetoond, zijn de effecten op de stromingen en de golven zeer lokaal.

### 6.2.6 Vrijkomen van de kabels

Zoals reeds in Rumes *et al.* (2011) werd vermeld kan door de migratie van zandgolven de mogelijkheid optreden dat de kabels vrij komen te liggen. Uitgaande van migratiesnelheden tussen 1 en 3 m per jaar en het feit dat de kabel 1,8 m diep ingegraven ligt, schatten Galagan *et al.* (2005) dat de kabels zouden kunnen komen bloot te liggen na 6 tot 18 jaar. Ook in DECC (2008a, 2008b) wordt vermeld dat de natuurlijke variatie van bepaalde zandbanken gemakkelijk 1,5 m kan bedragen, waardoor de kabels aan de oppervlakte zouden kunnen komen te liggen. Bovendien worden er ook opmetingen beschreven waarbij de kabels vrij kwamen door secundaire erosie.

Uit literatuur blijkt bovendien dat de schatting van deze migratiesnelheden van 1 tot 3 m per jaar aan de lage kant zijn. Andere schattingen spreken van migratiesnelheden tot 7,5 m/jaar (Drost, 2009), tot 10 meter per jaar (Németh, 2003; Roos, 2008), of tot 10-tallen meters per jaar (Morelissen *et al.*, 2003; IJzer, 2010). Bolle *et al.* (2013a) vermeldt dat de migratiesnelheid van de duinen in het gebied van de Belgische windmolenparken tussen 1 en 7 m per jaar zijn.

Als gevolg van migrerende zandduinen, werden zowel bij de kabels van het C-Power als van het Belwind windmolenpark waargenomen dat op sommige plaatsen, door de migratie van zandduinen, de kabels vrijgekomen waren (Van den Eynde *et al.*, 2013b), zodat bijkomende bestortingen nodig waren. C-Power heeft daarom beslist om in een gebied met migrerende zandduinen een tweede exportkabel, niet op 1 m onder de zeebodem, maar wel op 1 m onder de basis van deze zandduinen te begraven. Er wordt, uitgaande van deze ervaring, aanbevolen, om dit ook toe te passen. Het blijft verder belangrijk dat de kabels regelmatig gemonitord worden.

### 6.2.7 Cumulatieve effecten

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het Seastarwindmolenpark inclusief verbindingskabels op het vlak van hydrodynamica en sedimentologie aangezien zowel de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken en het optreden van erosie tijdens exploitatie zeer beperkt zijn in ruimte en tijd.

## 6.3 Besluit

### 6.3.1 Aanvaardbaarheid

De belangrijkste te verwachten effecten zijn de verhoging van de turbiditeit tijdens de werken, het optreden van erosie rond de palen tijdens de exploitatiefase, het in suspensie brengen van bodemmateriaal door jetting en ploegen, en het mogelijk vrijkomen van de kabels. Erosie wordt in het geval van monopiles of gravitaire funderingen tegengegaan door het aanbrengen van een erosiebescherming, terwijl ook ongeveer de helft van de turbines zullen beschermd worden door een dynamische erosiebescherming bij het gebruik van jacketfunderingen. Bij het gebruik van gravitaire

funderingen zal bovendien een aanzienlijke hoeveelheid zand en klei gebaggerd worden en terug in zee gestort worden. Bij het gebruik van monopiles of jacket funderingen zijn de te verwachten effecten gelijkaardig als deze op de reeds geïnstalleerde windmolenparken. Deze effecten werden reeds beschreven in BMM (2006, 2007, 2009) en Rumes *et al.* (2011, 2012a).

Er kan in dit geval gesteld worden dat wat betreft de hydrodynamica, de sedimentdynamica en de morfologie er geen belangrijke effecten verwacht worden voor het mariene milieu en dat dus kan worden gesteld dat het project aanvaardbaar is mits inachtnaam van volgende onderstaande voorwaarden

## 6.3.2 Voorwaarden en aanbevelingen

### 6.3.2.1 Voorwaarden

- Voordat met de werkzaamheden wordt begonnen, voert de houder een gedetailleerd onderzoek uit naar de bodemgesteldheid en bodemvormen ter plekke van de windmolenfunderingen in verband met de keuze tussen de types funderingen. De ruwe data en resultaten van het bodemonderzoek worden voor de start van de werken ter kennis gebracht van de BMM.
- Voorafgaand aan de werken moet de vergunninghouder contact opnemen met de BMM die, op basis van de concrete bouwplannen en de gegevens van het grondonderzoek, zal bepalen waar en hoe het uitgegraven materiaal gestockeerd en gestort zal worden.
- De houder moet de BMM op de hoogte brengen van de finale locaties, afmetingen en samenstelling van de erosiebescherming, zowel in het park als langs het kabeltracé. Hij moet door een adequate monitoring verzekeren dat er geen belangrijke erosiekuilen optreden die de stabiliteit van de palen in gevaar kunnen brengen.
- De bedekking van de kabels moet steeds verzekerd worden en moet gemonitord worden. Indien de monitoring uitwijst dat de kabel op minder dan de minimale begravingsdiepte ligt, dienen binnen de kortst mogelijke termijn en met een maximum van drie maanden de nodige werken te worden uitgevoerd opdat de kabel terug op haar oorspronkelijke diepte wordt geplaatst of voldoende afgedekt worden.
- In gebieden met migrerende zandduinen moeten de kabels niet op minimale begravingsdiepte onder de zeebodem worden gelegd, maar op een minimale begravingsdiepte onder de basis van de migrerende zandduinen.
- Het bijkomende zand, dat moet gebaggerd worden voor de opvullen van de funderingen en funderingsputten bij gravitaire funderingen kan niet in de concessiezone zelf worden gewonnen. Dit moet, zoals zandwinning, gebeuren in één van de daarvoor voorziene en/of aangeduide extractiezones.
- Indien de vergunninghouder gebruik maakt van gravitaire funderingen of van de suction bucket techniek, dan wordt een bijkomende monitoring opgelegd, die de mogelijke verhoging van de turbiditeit kan begroten.
- Indien de vergunninghouder gebruik maakt van gravitaire funderingen, dan wordt een bijkomende

monitoring opgelegd, die de evolutie van de zandhopen ter hoogte van het windmolenpark opvolgt, zolang de zandhopen aanwezig zijn.

- Voordat met het leggen van de verbindingskabels wordt begonnen, voert de houder een gedetailleerd onderzoek uit naar de bodemgesteldheid en bodemvormen. De ruwe data en resultaten van het bodemonderzoek worden voor de start van de werken ter kennis gebracht van de BMM.
- Wanneer er bij het leggen van de verbindingskabels baggerwerken zullen worden uitgevoerd, dient de vergunninghouder, voorafgaand aan de werken, contact op te nemen met de BMM dat, op basis van de concrete bouwplannen en de gegevens van het grondonderzoek, zal bepalen waar en hoe het uitgegraven materiaal gestockeerd en gestort zal worden.

#### 6.3.2.2 Aanbevelingen

De BMM heeft geen specifieke aanbevelingen voor dit onderdeel.

### 6.4 Monitoring

In DECC (2008a; 2008b) wordt een overzicht gegeven van de kennis die werd vergaard in het Verenigd Koninkrijk aan de hand van de ‘Round 1’ windmolenparken en worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek en geschikte monitoring. Bovendien werden deze conclusies aangescherpt in de rapporten van ABPmer *et al.* (2010) en CEFAS (2010). De belangrijkste conclusies en aanbevelingen werden reeds gegeven in BMM (2009) en Rumes *et al.* (2011, 2012a) en er wordt dan ook naar deze rapporten verwezen voor meer informatie hierover.

De doelstellingen van deze monitoring zijn:

- Bepalen van turbulentie en de stromingen in het gebied en bepalen van de effecten van de constructie van het windmolenpark en van de exploitatie van het park op de turbulentie, bij de toepassing van gravitaire funderingen of bij het gebruik van de suction bucket techniek;
- Bepaling van de eventuele verplaatsing van het gestorte zand indiengebruik gemaakt wordt van gravitaire funderingen;
- Controle van het optreden van erosiekuilen rond de palen;
- Controle van de bedekking van de kabels.

#### 6.4.1 Turbiditeit

Zoals in Rumes *et al.* (2011, 2012a) vermeld, kan worden aangenomen dat bij monopiles of jacketfunderingen, die worden geheid, geen significante verhoging van de turbiditeit zal optreden en is er in deze gevallen dan ook geen nood aan een bijkomende monitoring.

Bij het gebruik van gravitaire funderingen zal er echter een zeer belangrijke hoeveelheid zand en vooral klei worden gebaggerd en in de concessiezone gedumpt. Volgens het MER zal er afhankelijk van de configuratie tot bijna 4.000.000 m<sup>3</sup> zand en klei tijdelijk in het concessiegebied gestockeerd

worden alvorens het, uitgaande van de bagger- en stortverliezen van 30 %, volledig zal worden herbruikt bij het hervullen en opvullen van de funderingen en van de funderingsputten.

Aangezien het hier niet over enkel zand gaat maar dat het ook mogelijk is dat Tertiaire kleien zullen worden opgebaggerd, is het niet zeker dat de turbiditeitsverhoging nog steeds beperkt zal blijven. Daarom wordt bij het gebruik van gravitaire funderingen een monitoring gevraagd van de invloed van de werken en van de funderingen op de turbiditeit. Deze verhoging van de turbiditeit kan eventueel belangrijke invloeden hebben op de benthos (zie hoofdstuk 10 Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen). Dit werd ook zo aanbevolen door de Britse autoriteiten (DECC, 2008a).

Ook in het geval de suction bucket techniek wordt gebruikt, is er een leemte van de kennis van de mogelijke verhoging van de turbiditeit, als gevolg van het lozen van het opgezogen materiaal. Ook in dit geval wordt een bijkomende monitoring van de invloed van de werken op de turbiditeit opgelegd.

In deze gevallen zullen vóór de werken (bij gebruik van gravitaire funderingen en bij toepassing van de suction bucket techniek), tijdens de werken (bij gravitaire funderingen en toepassing van de suction bucket techniek) en na de werken (enkel bij gravitaire funderingen), metingen worden uitgevoerd van de waterhoogtes, stromingen en golven en van de turbiditeit.

In tegenstelling tot de aanbevelingen van DECC (2008a), wordt in Van den Eynde *et al.* (2010) geargumenteed dat het zoeken van “controlegebieden” niet evident is en dat verschillende gebieden onder andere invloeden kunnen staan en dat de natuurlijke variabiliteit anders kan zijn. Daarom wordt er aanbevolen om op slechts één plaats te meten, dicht bij of in het concessiegebied, maar lang genoeg te meten, om voldoende informatie te hebben over de natuurlijke variabiliteit en zo de invloed van de werken en van de constructies op een zinvolle statistische manier te kunnen bepalen. Deze techniek werd bijvoorbeeld toegepast om de veranderingen van de turbiditeit te analyseren tijdens dumpingsexperimenten ter hoogte van de haven van Zeebrugge (Lauwaert *et al.*, 2009).

Er wordt bijgevolg gesteld dat de metingen worden uitgevoerd in één punt dicht bij (of in) de concessiezone. Deze metingen worden uitgevoerd voor de werken, tijdens de werken en na de werken (enkel bij gravitaire funderingen), steeds over een periode van minimum 3 maanden, waarvan 1,5 maand in de herfst-winterperiode, en 1,5 maand in de lente-zomerperiode.

De stroommetingen zullen worden uitgevoerd met een ADCP. De metingen van de golven en van de turbiditeit zullen worden uitgevoerd door het plaatsen van een frame of tripode op de zeebodem, waarop de nodige instrumenten kunnen gemonteerd worden. Bovendien moet ook de calibratiecurve bepaald worden tussen de opgemeten turbiditeit en de materie in suspensie. Dit moet gebeuren door het gelijktijdig nemen van *in-situ* waterstalen die dan gefilterd kunnen worden ter bepaling van de materie in suspensie. Een minimum van 40 waterstalen moet worden genomen voor de bepaling van deze calibratiecurve.

De resultaten van deze opmetingen zal bestaan uit een aantal tijdreeksen van de stromingen, de waterhoogtes, de golfhoogtes en de turbiditeit over een langere periode. Bovendien zullen de calibratiecurves tussen de opgemeten turbiditeit en de materie in suspensie worden opgesteld, zodat ook de tijdreeksen van de materie in suspensie beschikbaar zal zijn.

Voor de verschillende periodes zal een vergelijking worden uitgevoerd tussen de materie in suspensie voor, tijdens en na de werken. Door een grondige analyse van al deze tijdreeksen (zie Lauwaert *et al.*,

2009) zal een schatting worden gemaakt van de verhoging van de turbiditeit ten gevolge van de werken en ten gevolge van de exploitatie van het park.

Merk op dat indien voor de aanvang van de werken reeds duidelijk werd aangetoond dat ook bij het gebruik van gravitaire funderingen of bij toepassing van de suction bucket techniek de verhoging van de turbiditeit beperkt blijft, bijvoorbeeld na monitoring in het Norther of Rentel windmolenpark, er kan overwogen worden om deze monitoring achterwege te laten.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.1.

#### 6.4.2 Verplaatsing van het gestorte zand en klei

In het geval gravitaire funderingen zullen worden gebruikt, zal een aanzienlijke hoeveelheid zand worden gebaggerd en op stortplaatsen binnen de concessiezone worden gestockeerd. Tijdens en na de werken moeten de positie van het gestorte zand en klei worden opgemeten. De morfologie op de stortplaats moet worden opgemeten voor het storten van het specie, als referentiemeting, en vervolgens direct na de stortingen, na 1 maand, na de eerste zware storm, met een terugkeerperiode van 5 jaar, en 1 maand na die storm. De bathymetrie zal met een horizontale nauwkeurigheid van 2 m en een verticale nauwkeurigheid van 0,5 m worden opgemeten. Na elke meetcampagne van de bathymetrie van het zand op de stortplaatsen zullen verschilkaarten worden opgesteld tussen de bathymetrie, zoals die tijdens de referentiemeting werd opgemeten, en met de nieuw opgemeten bathymetrie. Op die manier worden de morfologische veranderingen van het zand op de stortplaatsen duidelijk gemaakt. Deze verschilkaarten zullen in een GIS pakket worden voorgesteld.

Wanneer de hoeveelheid zand terug wordt gebaggerd om te worden gebruikt voor het opvullen van de funderingen en funderingsputten, moet ervoor gewaakt worden dat er geen bijkomende hoeveelheid zand wordt gewonnen in het concessiegebied. Eventueel extra benodigd zand moet worden gewonnen in de hiervoor voorziene en/of aangeduide extractiezones.

Nadat het gestockeerde zand volledig terug werd gebruikt, is er geen bijkomende monitoring meer nodig van het gebied, waar de zandstortingen werden uitgevoerd.

Merk op dat indien voor de aanvang van de werken reeds duidelijk is wat de verplaatsingen zijn van gestort zand en klei, bijvoorbeeld na monitoring in het Norther of Rentel windmolenpark, er kan overwogen worden om deze monitoring achterwege te laten.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.2.

#### 6.4.3 Erosie rond de palen of gravitaire funderingen

Na de werken moet de evolutie van de morfologie rond de turbines regelmatig worden opgemeten. De morfologie moet worden opgemeten voor het plaatsen van de turbines, als referentiemeting, en vervolgens direct na het plaatsen van de turbines, na 1 maand, na de eerste zware storm, met een terugkeerperiode van 5 jaar en 1 maand na die storm. Verder moet gedurende de eerste drie jaren jaarlijks een opmeting van de morfologie rond de turbines worden uitgevoerd. Vervolgens wordt de bathymetrie opgemeten elke 5 jaar.

De metingen worden minstens uitgevoerd rond de windmolens op de in het meest ondiepe en het diepste punt van het concessiegebied en op de noordelijke hoekpunten van het windmolenpark, waar

het grootste sedimenttransport verwacht wordt. Het lijkt bovendien vanuit ingenieursaspecten veilig om, zoals aanbevolen door DECC (2008a) minstens 25 % van de turbines te monitoren voor het controleren van de erosiebescherming en voor het optreden van mogelijke secundaire erosie.

De bathymetrie zal best met een horizontale nauwkeurigheid van 2 m en een verticale nauwkeurigheid van 0,5 m worden opgemeten over een gebied met een diameter van 100 m rond de fundering, zodat de erosiebescherming zelf wordt opgemeten en het gebied rond de erosiebescherming, waar ook nieuwe erosieputten eventueel kunnen optreden. Na elke meetcampagne van de bathymetrie zullen verschilkaarten worden opgesteld tussen de bathymetrie, zoals die tijdens de referentiemeting werd opgemeten, en met de nieuw opgemeten bathymetrie. Op die manier worden de morfologische veranderingen van het gebied duidelijk gemaakt. Deze verschilkaarten zullen in een GIS pakket worden voorgesteld.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.3.

#### 6.4.4 Erosie langs het kabeltracé

Na de werken moeten ook de diepte van ingraving van de kabels regelmatig worden gecontroleerd. De morfologie moet worden opgemeten voor de plaatsing van de kabels, als referentiemeting, na de eerste zware storm, met een terugkeerperiode van 5 jaar, en 1 maand na die storm. Verder moet gedurende de eerste vijf jaar één maal per jaar het hele kabeltracé worden gecontroleerd. Na deze eerste vijf jaar worden de resultaten geanalyseerd en kunnen de zones bepaald worden waar verdere controle nodig blijft. De bathymetrie zal best met een horizontale nauwkeurigheid van 2 m en een verticale nauwkeurigheid van 0,5 m worden opgemeten.

Na elke meetcampagne van de bathymetrie ter hoogte van het kabeltracé zullen verschilkaarten worden opgesteld tussen de bathymetrie, zoals die tijdens de referentiemeting werd opgemeten, en met de nieuw opgemeten bathymetrie. Op die manier worden de morfologische veranderingen langsheen het kabeltracé duidelijk gemaakt. Deze verschilkaarten zullen in een GIS pakket worden voorgesteld.

Deze monitoring wordt samengevat in tabel 6.4.

#### 6.4.5 Rapportering

Elk jaar van de studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk telkens 2 maanden na het aflopen van het jaar van de monitoring bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Met het rapport worden ook de metingen in elektronische vorm ter beschikking gesteld van de BMM. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops ingericht over de monitoring van de windmolenparken op het BDNZ, ingericht door de BMM.

Tijdens de monitoring zullen eerste opmerkelijke bevindingen of waarnemingen ad hoc meegedeeld worden aan de BMM.



### 6.4.6 Samenvatting

De monitoring wordt samengevat in volgende tabellen:

Tabel 6.1: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: turbiditeit

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
<b>Onderwerp</b>	Controle van de verhoging van de turbiditeit (bij het gebruik van gravitaire funderingen en bij de toepassing van de suction bucket techniek)		
<b>Doel</b>	Controle van de verhoging van de turbiditeit, tijdens en na de werken (dit laatste enkel bij gravitaire funderingen)		
<b>Timing</b>	Voor het begin van de werken	Tijdens de werken	Na de werken (bij gravitaire funderingen)
<b>Methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metingen gedurende 3 maanden (1,5 maand in de herfst-winter periode, 1,5 maand in de lente-zomer periode) in een punt dicht bij het concessiegebied</li> <li>• Gebruik van ADCP voor het meting van de stromingen</li> <li>• Gebruik van een druksensor of golfboei voor het meten van de golven</li> <li>• Gebruik van een frame dat op de bodem kan worden geplaatst voor de meting van de turbiditeit met behulp van OBS sensoren. Gelijktijdige staalname van water voor calibratie van de OBS sensoren.</li> </ul>		
<b>Presentatie</b>	Rapport en digitale data		

Tabel 6.2: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: evolutie van de zandhopen

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
<b>Onderwerp</b>	In het geval van gravitaire funderingen alleen: evolutie van de zand- en kleiophoppingen tot het zand terug hergebruikt wordt		
<b>Doel</b>	Evolutie van de zandhopen ter hoogte van het windmolenpark		
<b>Timing</b>	Voor het begin van de werken	Direct na het storten van de zandhopen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een maand na het plaatsen van de zandhopen, na de eerste zware storm (retourperiode 5 jaar) en 1 maand na die storm</li> <li>• Daarna evaluatie</li> </ul>
<b>Methode</b>	Multibeam		
<b>Presentatie</b>	Rapport Jaar 0	Rapport na werken	Rapport na de metingen

Tabel 6.3: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: evolutie van de erosie

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
Onderwerp	Evolutie van de bathymetrie		
Doel	Evolutie van de bodem ter hoogte van het windmolenpark, controle van het mogelijke ontstaan van erosieputten en van secundaire erosieputten en –geulen		
Timing	Voor het begin van de werken	Direct na het plaatsen van de palen of gravitaire funderingen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een maand na het plaatsen van de palen, na de eerste zware storm (retourperiode 5 jaar) en 1 maand na die storm</li> <li>• Jaarlijks gedurende de eerste drie jaren</li> <li>• Daarna 1 keer per vijf jaar</li> </ul>
Methode	Multibeam		
Presentatie	Rapport Jaar 0	Rapport na werken	Rapport na de metingen

Tabel 6.4: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van hydrodynamica en sedimentologie: bedekking van de kabels

	Baseline	Constructiefase	Exploitatiefase
Onderwerp	Evolutie van de bodem ter hoogte van de kabels		
Doel	Evolutie van de bodem ter hoogte van het kabeltracé, verzekering van de bedekking van de kabels		
Timing	Voor het begin van de werken	Niet van toepassing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Na de eerste zware storm (retourperiode 5 jaar) en 1 maand na die storm.</li> <li>• Jaarlijks gedurende de eerste vijf jaren</li> <li>• Daarna evaluatie</li> </ul>
Methode	Multibeam		
Presentatie	Rapport Jaar 0		Rapport na elke campagne

## 7. Geluid en seismisch onderzoek

- Voor wat betreft onderwatergeluid zal het geluidsniveau veroorzaakt door een verhoogde intensiteit van scheepvaart, baggerwerken, plaatsing van een gravitaire fundering, gebruik van de suction bucket techniek en storten van erosiebescherming, beperkt zijn. De mogelijke effecten door deze activiteiten, zijn voor wat betreft hun geluidsemissies aanvaardbaar voor alle configuraties.
- Ook de installatie van de verbindingskabels zal op een aantal manieren een toename van het geluidsdrukkniveau veroorzaken: door het jetten of trenchen van de kabel(s), het storten van erosiebeschermingsstenen, door het geluid van de schepen betrokken bij de werkzaamheden en mogelijk door het ‘pre-sweepen’ van delen van het tracé;
- Indien er palen geheid worden, zal het hierdoor veroorzaakte onderwatergeluid van een niveau zijn waarbij significante effecten optreden bij vissen en zeezoogdieren en mogelijk ook andere componenten van het ecosysteem. Deze effecten kunnen optreden over een zeer groot, grensoverschrijdend gebied. Het heien van monopile en jacket funderingen is bijgevolg enkel aanvaardbaar mits een strikte inachtnaam van mitigerende maatregelen, voorwaarden en een intensief monitoringsprogramma. Indien aan deze vereisten voldaan wordt, valt het niet te verwachten dat er significante en langdurige effecten zouden optreden in de NATURA 2000 gebieden in Belgische en buitenlandse wateren.
- Het onderwatergeluid, en de effecten ervan tijdens de exploitatiefase vormt een leemte in de kennis, maar eventuele effecten blijven hoogstwaarschijnlijk beperkt tot een aantal gevoelige soorten binnen het concessiegebied. Gezien dit een leemte in de kennis betreft, dient ook hier een monitoring te worden uitgevoerd.
- Gezien de beperkte geluidsniveaus en de afstand tot de kust, zijn de potentiële effecten van het geluid boven water voor zowel de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen voor alle scenario's en technieken aanvaardbaar.
- Het seismisch onderzoek is plaatselijk en sterk beperkt in tijd. Vandaar dat het project, mits het naleven van de bestaande wetgeving en een aantal voorwaarden, voor wat betreft het uitvoeren van seismisch onderzoek aanvaardbaar is.

### 7.1 Inleiding

#### 7.1.1 Onderwatergeluid

De wereldwijde toename van het onderwatergeluid geproduceerd door menselijke activiteiten wordt beschouwd als een potentiële bedreiging voor het mariene milieu. Boyd *et al.*, (2008) identificeerden de volgende menselijke activiteiten die onderwatergeluid produceren op een niveau dat mogelijk schadelijk kan zijn voor het mariene leven: explosies, hei-activiteiten, intense laag- of midden-frequente sonar, dreggen, boren, over de bodem gesleept vistuig, scheepvaart, akoestische afschrikmiddelen, overvliegende vliegtuigen (inclusief supersonische knallen), en luchtpistolen. Op Europees niveau wordt deze problematiek o.a. aangekaart in de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (MSFD). De MSFD definieert de goede milieutoestand voor energie, waaronder onderwatergeluid als volgt: “toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, is op een niveau dat het mariene milieu geen schade berokkent”. België heeft volgende milieudoelen en daarmee samenhangende indicatoren gedefinieerd voor onderwatergeluid (Belgische Staat, 2012):

- Het niveau van antropogene impulsgeluiden is lager dan 185 dB re 1  $\mu$ Pa (nul tot piekniveau) op 750 m van de bron.
- Geen positieve tendensen in de jaarlijkse gemiddelde omgevingslawaainiveaus binnen de 1/3-octaaftanden 63 en 125 Hz.

Het eerste milieudoel is van toepassing op de geluidsdruk van impulsgeluiden (dus ook heigeluid). Het andere betreft het achtergrondgeluid.

Het onderwatergeluid veroorzaakt door de bouw, de exploitatie en in de toekomst ook de ontmanteling van offshore windparken en de ecologische impact van dit onderwatergeluid worden momenteel intensief onderzocht (Huddelston, 2010). Wanneer dit onderwatergeluid wordt geëvalueerd, moeten vier verschillende fasen tijdens de levenscyclus van een offshore windpark worden onderscheiden: (1) vóór de constructie - de referentiesituatie, (2) de bouwfase, (3) de exploitatiefase en (4) de ontmantelingsfase (Nedwell *et al.*, 2004).

Voor het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ) werden reeds verschillende studies uitgevoerd over de eerste drie fasen:

De referentiesituatie op de Thorntonbank (C-Power site) werd gedocumenteerd in Henriët *et al.*, (2006), terwijl Haelters *et al.*, (2009) de referentiesituatie karakteriseerden op de Bligh Bank (Belwind site). Beide referentie situaties resulteerden in gelijkaardige spectra met een geluidsdrukkniveau (SPL - Sound Pressure Level) net boven de 100 dB re 1  $\mu$ Pa voor de Thorntonbank en net onder de 100 dB re 1  $\mu$ Pa voor de Bligh Bank.

De bouwfase werd gedocumenteerd in Haelters *et al.*, (2009) voor de zes windmolens met GBF op de Thorntonbank en in Norro *et al.*, (2010, 2013a) voor het heien van monopile en jacket funderingen op respectievelijk de Bligh Bank en Thorntonbank. De installatie van GBF wordt niet beschouwd als een activiteit die een grote toename van het geluidsdrukkniveau veroorzaakt (Haelters *et al.*, 2009).

Tijdens het heien van monopiles (met een diameter van 5 meter) op de Bligh Bank werd een maximale geluidsdruk (nul tot piekniveau) gemeten van 193 dB re 1  $\mu$ Pa op 770 m afstand van de bron. Bovendien was het piekniveau op 14 km afstand van de bron nog steeds 160 dB re 1  $\mu$ Pa waaruit men kon afleiden dat het achtergrondniveau van ongeveer 100 dB re 1  $\mu$ a pas zal worden bereikt op ongeveer 70 km van de bron (Far field linear model; Norro *et al.*, 2010). Gelijkaardige resultaten werden bekomen tijdens het heien van monopiles (met een diameter van 5,2 meter) op de Lodewijkbank (Alain Norro, unpublished data). Tijdens het heien van pinpiles (met een diameter van 1,8 meter) van de jacket funderingen op de Thorntonbank werd op 600 en 750 meter van de bron een geluidsdruk van respectievelijk 180 en 176 dB re 1  $\mu$ Pa gemeten (Norro *et al.*, 2012). De gemiddelde tijd vereist voor het heien van een jacket fundering (met vier pinpiles) was ~2,5 keer langer dan voor een monopile fundering. Met betrekking tot het ongewogen geluidsdrukkniveau (Sound exposure level of SEL) werden waarden teruggevonden tussen 145 en 168 dB re 1  $\mu$ Pa zonder echter statistisch significante verschillen te kunnen aantonen tussen monopile en jacket funderingen. Over de geluidsniveaus veroorzaakt bij het gebruik van de suction bucket techniek is weinig bekend, maar het valt te verwachten dat deze beduidend lager zullen zijn dan tijdens het heien.

Tijdens de operationele fase van de windmolenparken wordt er slechts een beperkte toename in geluidsdruk verwacht. Niettemin lijkt initieel onderzoek erop te wijzen dat het onderwatergeluid nabij stalen monopile en jacket funderingen onder bepaalde omstandigheden gemiddeld respectievelijk 12 en 6 dB re 1  $\mu$ Pa hoger is dan bij betonnen gravitaire funderingen (die vrijwel geen verhoging

veroorzaken van het achtergrondgeluid) (Norro *et al.*, 2013b). Hierbij dient opgemerkt te worden dat een toename met 6 dB een verdubbeling van het geluidsdrukniveau inhoudt. Het blijft de vraag of deze stijging van het geluidsdrukniveau een invloed heeft op het gedrag van de zeezoogdieren of vissen in het windmolenpark.

Op dit moment is er weinig gekend over de mogelijke toename in het geluidsdrukniveau tijdens de ontmantelingsfase van windmolenparken. Desalniettemin worden er, afhankelijk van de gebruikte technieken, belangrijke, maar kortstondige stijgingen in geluidsdruk verwacht.

### 7.1.2 Geluid boven water

De bouw en exploitatie van offshore windparken zal geluid boven het water genereren dat zich voortplant in de atmosfeer. De hoogste geluidsniveaus kunnen verwacht worden tijdens de bouwphase van het windpark, in het bijzonder als er geheid zal worden. In mei 2011 werd dit geluidsniveau bepaald tijdens het heien van de pinpiles van de jacket funderingen van C-Power, dit synchroon met de metingen van het onderwatergeluid (Dekoninck en Botteldooren, 2011). Een maximale geluidstoename met pieken tot meer dan 90 dB(A) werd geregistreerd op 280 m afstand van de werken. In vergelijking met het achtergrondgeluid werd er op deze afstand een toename van 56 naar 83 dB(A) vastgesteld in de L5\_1S<sup>5</sup>. Deze geluidstoename is echter beperkt tot de periode waarin er effectief geheid wordt (zie hieronder).

Ook tijdens de operationele fase (~20 jaar) wordt een verhoging van het geluidsniveau waargenomen. Dekoninck en Botteldooren (2010) konden een geluidsniveau van 50 dB (A) opmeten op enkele tientallen meters afstand van een operationele windturbine op de Thorntonbank en dit voor de frequentie van 1,25 kHz. Daarnaast werd het operationeel geluid van de windturbines bij verschillende weersomstandigheden gemeten met behulp van een vaste meetpost op het platform onderaan één van de 5MW turbines op de Thorntonbank (Dekoninck en Botteldooren, 2010). Een toename van de geluidsdruk proportioneel aan de windsnelheid en dus ook de omwentelingssnelheid van de wieken werd waargenomen. Het geluidsniveau bereikte een maximum van 65 dB(A) voor een windsnelheid van 12 m/s hetgeen overeenkwam met de maximale productie tijdens de periode van de metingen. Let wel, geluid boven water en onderwatergeluid worden niet gemeten met dezelfde eenheden. Een geluidsniveau van 65 dB (A) is vergelijkbaar met het geluid geproduceerd door een zware vrachtwagen die op 300 m afstand aan een snelheid van 50 km/h voorbij komt gereden. De afstandsdemping zorgt er voor dat op 500 meter van windmolens het geluid sterk afneemt (tot op een niveau vergelijkbaar met het achtergrondgeluid).

### 7.1.3 Seismisch onderzoek

Het brongeluidsniveau (nul tot max. level) bij seismisch onderzoek zoals bij olie- en gasexploratie bedraagt 211-256 dB re 1µPa (OSPAR, 2009a). De piekniveaus liggen bij deze bronnen meestal bij frequenties lager dan 250 Hz, met pieken in energie tussen 10 en 120 Hz (OSPAR, 2009a). Sparkers, boomers en pingers worden gebruikt bij de karakterisatie van zachte sedimenten in ondiep water. Ze werken meestal bij hogere frequenties (0.8 tot 10 kHz), gezien een hoge resolutie vereist wordt in plaats van diepe penetratie en worden gekarakteriseerd door bronniveaus (@1 m) van 204-220 dB (rms) re 1µPa (OSPAR, 2009a). Bij de voorbereidingsfase van het Seastar project zal bijkomend

---

<sup>5</sup> De L5\_1S is de hoogste 5 percentiel van het opgenomen geluidsniveau binnen een periode van 1 seconde (over een totaal van 600 opnames).

geofysisch onderzoek uitgevoerd worden in het voorziene windpark en langs het traject van de verbindingsskabels (IMDC, 2013a).

## 7.2 Te verwachten effecten

### 7.2.1 Onderwatergeluid

#### 7.2.1.1 Constructiefase

Als men besluit om GBF te installeren dan kan men tijdens de constructiefase beperkte stijgingen van het geluidsdrukkniveau verwachten ten gevolge van het vlakbaggeren van de inplantingsplaats, een toename van het scheepsverkeer en het storten van de erosiebescherming. Het brongeluid van baggervaartuigen werd bestudeerd in Robinson *et al.*, (2011) en ligt beduidend lager dan dat van heiwerkzaamheden. Afhankelijk van het type baggervaartuig werden brongeluidniveaus vastgesteld tot ~180 dB re 1  $\mu$ Pa @ 10 kHz resulterend in een verhoging t.o.v. het achtergrondgeluid met 30 tot 40 dB re 1  $\mu$ Pa op 100 m van de bron (Robinson *et al.*, 2011). Indien de palen van de monopile en jacket funderingen geïnstalleerd worden met behulp van de suction bucket methode, dan worden slechts beperkte stijgingen van het geluidsdrukkniveau verwacht (LeBlanc Makmar *et al.*, 2009).

Tijdens het heien van de monopiles daarentegen kan men een zeer uitgesproken stijging van het geluidsdrukkniveau verwachten. Een verhoging van de maximale geluidsdruk is te verwachten als de diameter van de palen toeneemt. Nehls *et al.*, (2007) stellen een lineair model voor om het maximaal geluidsdrukkniveau te berekenen op 500m van de heisite. Dit model verwacht ongeveer 205 dB re 1  $\mu$ Pa voor een monopile met diameter van 7,2 meter, wat overeenkomt met een brongeluid tussen 272 en 294 dB re 1  $\mu$ Pa (op basis van het propagatiemodel in Norro *et al.*, 2010). Deze verhoging doet zich enkel voor tijdens de constructiefase, maar de gevolgen ervan op de fauna kunnen zich gedurende jaren laten voelen bv. indien jaarlijkse rekrutering of migratie verstoord wordt (zie hoofdstukken macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen, zeezoogdieren). Bij fase 1 van het Belwind project werd er gemiddeld 2 uur geheid per monopile en verliep de installatie van 56 palen over een periode van 5 maanden. Ook bij het Northwind project werd er gemiddeld circa 2 uur geheid per monopile en verliep de installatie van 73 palen over een periode van 5 maanden. In het Seastar project worden maximaal 62 monopile funderingen voorzien en kan men rekening houden met een constructieperiode van 4 tot 6 maand voor de installatie van deze monopile funderingen, waarbij telkens 1-4 uur effectief geheid wordt per fundering (aangepast uit Rumes *et al.*, 2012a).

Bij de jacket funderingen worden per fundering vier pin piles met een diameter van 2,25 tot 3 meter 25 tot 40 meter in de bodem geheid. Het heien van deze dunnere palen veroorzaakt ook een stijging van het onderwatergeluid (brongeluidsniveau hoger dan 250 dB re 1  $\mu$ Pa) en de totale heitijd per fundering is gevoelig langer dan bij monopile funderingen. Voor het Seastar project worden er 41 tot 62 jacket funderingen voorzien wat zou resulteren in een constructieperiode van 4 tot 6 maand voor de installatie van de funderingen, waarbij telkens 6-12 uur (1,5-3 uur per pinpile) effectief geheid wordt per fundering (aangepast uit Rumes *et al.*, 2012a). Bij fase II en III van het C-power project werd gemiddeld 5 uur per fundering geheid en de installatie van de pinpiles voor de 49 funderingen werd gerealiseerd op een periode van 4,5 maanden<sup>6</sup>. Het valt te verwachten dat, gezien de significant lagere geluidsdruk bij jacket funderingen, het gebruik van deze jacket funderingen een

---

<sup>6</sup> Bij Belwind (fase 1) werd 3MW per monopile fundering geïnstalleerd t.o.v. 6 MW per jacket fundering bij C-Power (fase II en III).

ruimtelijk beperktere invloed zal hebben op het onderwatergeluid, zelfs al is de heitijd per fundering langer voor jacket dan voor monopile funderingen.

Bij de installatie van de park- en verbindingsskabels zal de belangrijkste impact veroorzaakt worden door de baggeractiviteiten, het geluid veroorzaakt door de schepen betrokken bij de werken, door het ingraven van de kabel(s) en het dumpen van de erosiebescherming. Deze geluidsniveaus zullen echter kleiner zijn dan deze geproduceerd bij het heien van funderingspalen (Norro *et al.*, 2013). Op basis van geluidsniveaus en frequenties geproduceerd bij de installatie van elektriciteitskabels voor het Beatrice windmolenpark voor de kust van Schotland besluiten Nedwell *et al* (2012) dat dit soort werken niet zullen leiden tot gehoorschade bij mobiele zeezoogdieren (die over de mogelijkheid beschikken om het excessief geluid te ontvluchten). Er blijft echter een leemte in de kennis over de te verwachten geluidsdrukkniveaus en daarom wordt aanbevolen om ook deze werkzaamheden op te volgen (OSPAR, 2009b, 2012a).

#### 7.2.1.2 Exploitatiefase

De tweede mogelijke impact betreft het operationele geluid van het windpark gedurende de exploitatiefase. Deze impact is vooral belangrijk gezien de levensduur van het windpark (minimum 20 jaar). De toename van het geluidsdrukkniveau kan oplopen tot 12 dB re 1  $\mu$ Pa (Norro *et al.*, 2013b) voor stalen funderingen. Voor GBF werd in de onmiddellijke omgeving van de turbines een beperkte maximale toename van het geluidsdrukkniveau tot 8 dB re 1  $\mu$ Pa vastgesteld (Norro *et al.*, 2011). Het is niet geweten of deze verhoging tot een gedragswijziging kan leiden bij zeezoogdieren. Cumulatief met de vijf andere windparken zou er zo een grote zone met licht verhoogd geluidsdrukkniveau kunnen ontstaan. Maatregelen die gericht zijn op beperking van de overdracht van geluid en trillingen van de turbine naar de stalen funderingen dienen te worden onderzocht.

Ter hoogte van de verbindingsskabels wordt er geen toename in onderwatergeluid verwacht tijdens de exploitatiefase tenzij in periodes van onderhoud en herstellingen. De hierbij veroorzaakte extra geluidsniveaus zullen echter beperkt zijn tot de gevolgen van een licht verhoogd scheepsverkeer enerzijds en beperkte herstelwerkzaamheden anderzijds.

#### 7.2.1.3 Ontmantelingsfase

Ook de ontmantelingsfase van het windpark zal een toename van het onderwater geluidsdrukkniveau veroorzaken. De GBF en suction bucket funderingen kunnen integraal verwijderd worden na gebruik. Aangezien dezelfde technieken gebruikt worden als voor de installatie zal deze activiteit dan ook gepaard gaan met vergelijkbare, beperkte geluidsdrukkniveaus. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden voor de verwijdering van in de bodem geheide monopiles, pinpiles en kabels en bijgevolg kan er nog geen precieze inschatting gemaakt worden van de aard en omvang van deze effecten. Het valt echter te verwachten dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase, voor wat betreft onderwatergeluid en de resulterende verstoring van het mariene milieu, vermoedelijk beperkter zullen zijn dan deze tijdens de constructiefase.

### 7.2.2 Geluid boven water

Het nieuwe windmolenpark zal geluid produceren boven het water tijdens de bouw, exploitatie en ontmanteling. Afhankelijk van de gebruikte bouwmethode en het funderingstype kan men in de zone

van het Seastar project een beperkte tot significante stijging verwachten van het lokale geluidsniveau tijdens en na de werken. Er wordt geen belangrijke impact voorzien buiten de concessiezone, noch aan de kust, die op minimum 36,3 km afstand ligt van het windmolenpark.

### 7.2.3 Seismisch onderzoek

Potentieel veroorzaakt seismisch onderzoek geluidsniveaus die schadelijk zijn voor biota (Simmonds, 2003 en referenties daarin opgenomen; Bain & Williams, 2006; OSPAR, 2009a). De effecten zijn soortafhankelijk, gebiedsafhankelijk en afhankelijk van de seismische bron. Door blootstelling aan intens geluid kan schade optreden aan het gehoorsysteem van organismen, maar kan ook andere fysische schade optreden, zoals stress en orgaanschade. De mogelijke effecten op zeezoogdieren en de te nemen mitigerende maatregelen worden besproken in hoofdstuk 10.

### 7.2.4 Cumulatieve effecten

Als men besluit om GBF te installeren of de suction bucket techniek te gebruiken dan kan men tijdens de constructie- en ontmantelingsfase gezien de slechts beperkte stijgingen van het geluidsdrukkniveau geen cumulatieve effecten verwachten op het vlak van onderwatergeluid. Indien echter heiwerkzaamheden van verschillende projecten (Norther / Rentel / Seastar / Mermaid) zouden samenvallen of overlappen dan zal de ruimtelijke omvang en/of onafgebroken periode van de verstoring beduidend toenemen. Anderzijds zou dit er toe leiden dat de duur van de verstoring afneemt.

Cumulatief met de vijf andere windparken kan er tijdens de exploitatiefase een grote zone met licht verhoogd onderwatergeluidsdrukkniveau ontstaan. Deze zone blijft beperkt tot de sinds 2004 afgebakende zone voor de bouw en exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen.

Tijdens de constructie, exploitatie en ontmanteling van de Seastar verbindingkabels wordt geen noemenswaardige stijging van het bovenwatergeluid verwacht. Er worden bijgevolg geen significante cumulatieve effecten verwacht van op het vlak van geluid boven water.

## 7.3 Besluit

### 7.3.1 Aanvaardbaarheid

#### *Onderwatergeluid*

Het geluidsniveau veroorzaakt door een verhoogde intensiteit van scheepvaart, baggerwerken, plaatsing van een gravitaire fundering, gebruik van de suction bucket techniek en storten van erosiebescherming, is beperkt. Dit is bovendien een geluid dat tijdelijk voorkomt in een beperkt gebied. Vandaar dat de mogelijke effecten door deze activiteiten, voor wat betreft hun geluidsemissies, aanvaardbaar zijn. Voor wat betreft onderwatergeluid is het gebruik van gravitaire funderingen of de suction bucket techniek minder belastend voor het mariene milieu.

De belangrijkste effecten tijdens de constructiefase zullen zich hoogstwaarschijnlijk situeren indien er palen geheid worden. Het hierdoor veroorzaakte onderwatergeluid is van een niveau waarbij significante effecten optreden bij vissen en zeezoogdieren en mogelijk ook andere componenten van het ecosysteem. Deze effecten kunnen optreden over een zeer groot gebied en van primaire (dood, verwonding, verstoring van organismen) en secundaire aard zijn (verlies aan habitat,



prooiorganismen,...). Ongetwijfeld zullen deze effecten grensoverschrijdend voorkomen, gezien de ligging van het concessiegebied nabij Nederlandse wateren.

Rekening houdend met de mogelijke effecten zijn de configuraties van het project waarbij gebruik gemaakt wordt van het heien van monopile en jacket funderingen enkel aanvaardbaar mits een strikte inachtnaam van onderstaande voorwaarden en een intensief monitoringsprogramma. Indien aan onderstaande voorwaarden voldaan wordt, valt het niet te verwachten dat er significante en langdurige effecten zouden optreden in de NATURA 2000 gebieden in Belgische en buitenlandse wateren, gezien de afstand van de concessiezone tot deze gebieden.

Het onderwatergeluid, en de effecten ervan tijdens de exploitatiefase zijn weinig bestudeerd, maar blijven hoogstwaarschijnlijk beperkt tot een aantal gevoelige soorten. Vandaar dat de mogelijke effecten aanvaardbaar geacht worden zonder mitigerende maatregelen. Gezien dit een hiaat in de kennis betreft, dient ook hier een monitoring te worden uitgevoerd.

#### *Geluid boven water*

Gezien de beperkte geluidsniveaus en de afstand tot de kust, zijn de potentiële effecten van het geluid boven water voor zowel de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen voor alle scenario's en technieken aanvaardbaar.

#### *Seismisch onderzoek*

Het seismisch onderzoek is plaatselijk en sterk beperkt in tijd. Vandaar dat het project, mits het naleven van de bestaande wetgeving en de onderstaande voorwaarden, voor wat betreft het uitvoeren van seismisch onderzoek aanvaardbaar is.

### 7.3.2 Voorwaarden en aanbevelingen

Enkel de voorwaarden en aanbevelingen met betrekking tot de productie van het geluid worden hier besproken. Voorwaarden en aanbevelingen resulterend uit het effect van onderwatergeluid op zeezoogdieren of vislarven worden respectievelijk in de hoofdstukken zeezoogdieren en macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen behandeld.

Er bestaan oplossingen om het geluidsdrukniveau geproduceerd door heien te verlagen. Water is een dicht en bijna onsamendrukbaar medium en een verzwakking van het geluid is mogelijk indien een tweede, meer samendrukbaar en minder dicht, medium kan worden geïnstalleerd in het pad van de geluidsvoortplanting. Dit werd reeds getest op zee met behulp van gordijnen die werden ingezet rond de paal en die werden gemaakt van luchtballen of schuim (Nehls *et al.*, 2007). Het gebruik van luchtbelgordijnen kan de maximale geluidsemissie tijdens het heien verminderen met 10 tot 15 dB re 1  $\mu$ Pa (Rustemeier *et al.*, 2011) of 20dB re 1  $\mu$ Pa (Nehls *et al.* 2007). De sterke getijdestroom aanwezig in het gedeelte van het BDNZ zone waar het Seastar windpark zou worden geïnstalleerd, vormt een extra moeilijkheid voor het gebruik van dergelijke technieken, maar een aangepast ontwerp van het luchtbellengordijn is mogelijk (Lucke *et al.*, 2011). Voorbeelden van andere technieken worden besproken in Wilke *et al.* (2012) en Pehlke *et al.* (2013). Andere mitigerende maatregelen, zoals het gebruik van akoestische afschrikmiddelen (Gordon *et al.*, 2007) en seizoenale heibeperkingen, worden besproken in het hoofdstuk zeezoogdieren.

#### 7.3.2.1 Voorwaarden

- Indien geheid wordt, dient de BMM dagelijks op de hoogte te worden gebracht van de locatie, het tijdstip van de start van het heien en het tijdstip van het stoppen van het heien. De

heikalender, waarop de locatie, het tijdstip en het toegepaste vermogen bij het heien vermeld worden, dienen aan het eind van de heiactiviteiten overgemaakt te worden aan de BMM.

- Indien er gekozen wordt om funderingen te heien en indien het onderwatergeluidsniveau (nul tot max. SPL) op 750 m van de bron hoger is dan 185 dB re 1  $\mu$ Pa, dan moeten technieken toegepast worden die het niveau van het onderwatergeluid beperken (vb. gebruik van een bellengordijn, gebruik van een geluidsabsorberende mantel, gebruik van een alternatieve heihamer of aanhouden van een langer contact tussen hamer en paal), of moet het heien vervangen worden door alternatieve technieken die minder onderwatergeluid veroorzaken (vb. vibro-piling). Deze technieken moeten vooraf door de BMM goedgekeurd worden.

Voor het bodemonderzoek zijn de volgende bepalingen van toepassing:

- Ten laatste 10 kalenderdagen voor elke survey zal de volgende relevante informatie rechtstreeks aan de BMM overgemaakt worden:
  - naam van schip;
  - haven van vertrek;
  - datum en uur van vertrek;
  - datum van survey;
  - gebruikte toestellen en specificaties (vermogen en frequenties, capaciteit van de luchtkamer, aantal schoten);
  - positie van tracks/transects.
- Tijdens de uitvoering van het seismisch onderzoek kan op vraag van de BMM een waarnemer aan boord van het seismisch vaartuig geplaatst worden en kunnen door de waarnemer ad hoc specifieke richtlijnen worden gegeven;
- Ten minste twee kalenderdagen voor elke survey zal volgende informatie aan het MRCC (met kopie aan MIK) overgemaakt worden:
  - datum en tijdstip van de aanvang van het onderzoek;
  - met welke vaartuigen en met welke middelen welke activiteiten op welk ogenblik gepland zijn;
  - bij het niet ter plaatse blijven voor het uitvoeren van de activiteiten, de geplande vooruitgang van de activiteiten.

### 7.3.2.2 Aanbevelingen

- Er wordt aanbevolen om maatregelen toe te passen die geluidsemissie beperken aan de bron door de keuze van fundering en dus, indien dit geen andere negatieve milieu-effecten heeft, om gravitaire of suction bucket funderingen te gebruiken, en om palen in te trillen of te boren.
- Indien er gekozen wordt om funderingen te heien dan wordt er aanbevolen om technieken toe te passen bij het heien die het niveau van het onderwatergeluid beperken (vb. gebruik van een bellengordijn, gebruik van een geluidsabsorberende mantel, gebruik van een alternatieve heihamer of aanhouden van een langer contact tussen hamer en paal), of het heien te vervangen door alternatieve technieken die minder onderwatergeluid veroorzaken (vb. suction bucket). Dit zelfs indien het onderwatergeluidsniveau (nul tot max. SPL) op 750 m van de bron lager is dan 185 dB re 1  $\mu$ Pa.
- Het is aanbevolen om als er meerdere technieken mogelijk zijn, deze technieken toe te passen

die het minste onderwatergeluid veroorzaken.

- Het is aanbevolen dat de leemtes in de kennis m.b.t. de productie van geluidsniveaus geproduceerd bij de installatie van (elektriciteits)kabels en bijgevolg ook de gevolgen hiervan op de aanwezige biota ingevuld worden door karakterisatie van het onderwatergeluid geproduceerd bij de realisatie van dit project.

## 7.4 Monitoring

### 7.4.1 Monitoring Onderwatergeluid

De belangrijkste aspecten van de monitoring van de effecten van onderwatergeluid op zeezoogdieren tijdens de constructiefase en exploitatiefase worden in hoofdstuk 11 zeezoogdieren opgenomen. Door middel van de resultaten van het onderzoek van de fysische aspecten van het geluid, samen met gegevens in de literatuur, kunnen eventuele effecten op vissen en zeezoogdieren afgeleid worden. Daarnaast kunnen ook vaststellingen tijdens de werkzaamheden of de exploitatiefase mogelijk in verband gebracht worden met geluidsoverlast. Zo dient sterfte van zeezoogdieren, vissen en cephalopoden in het werfgebied en de omgeving tijdens het heien van palen door de exploitant te worden gerapporteerd aan de BMM.

#### *Referentietoestand*

Gezien de aanwezigheid van andere windmolenparken in de onmiddellijke omgeving van het projectgebied kan men een lichte verhoging verwachten in het achtergrond geluidsdrukniveau ten opzichte van de referentieniveaus die werden opgemeten voor C-Power fase I en Belwind. Het geluidsdrukniveau zal minstens één keer gemeten moeten worden volgens de nieuwe versie van de meetprotocols zoals gebruikt voor C-Power en Belwind (Henriet *et al.*, 2006, Haelters *et al.*, 2009).

#### *Constructiefase*

Indien geheid wordt tijdens de constructiefase, dan moet het geluid van het heien worden gemeten door middel van één of meerdere autonoom afgemeerde stations al dan niet in combinatie met een hydrofoon op drift. Dit zowel in de directe omgeving van de werkplek, alsook op grote afstand van de bron (tot waar de geluidsdemping het niveau van het achtergrondgeluid bereikt). Om veiligheidsredenen wordt een minimale afstand tot de werkzaamheden (het heiplatform) van 500 m genomen. Aangezien dit “far field” metingen betreft en rekening houdend met de demping van het onderwatergeluid die anders is voor de verschillende frequenties, wordt gekozen om metingen uit te voeren in het spectrum van 10 Hz tot 10 kHz. De positie van de verschillende metingen worden geregistreerd om informatie te bekomen over de voortplanting van onderwatergeluid in de complexe omgeving van het BDNZ. Ook bij het gebruik van de suction bucket techniek zullen geluidsmetingen uitgevoerd worden bij gebrek aan publiek beschikbare gegevens met betrekking tot het onderwatergeluid geproduceerd bij deze installatiewijze. Geluidsmetingen moeten worden uitgevoerd tijdens de installatie van ten minste twee funderingen. Het doel van de metingen is het bepalen van de verhoging van het geluidsniveau door de werken en het bepalen van het spectrum van het geluidsniveau.

#### *Operationele fase*

Bij het gebruik van stalen funderingen zal het tijdens de operationele fase noodzakelijk zijn om de geproduceerde onderwatergeluid zowel binnen het park als erbuiten te meten (vb. op 500m van het windpark). Een recente studie toonde aan dat e.g. stalen monopiles tot 12 dB re 1  $\mu$ Pa hogere

onderwatergeluidsniveaus veroorzaken dan gravitaire funderingen (Norro *et al.*, 2011). Voor dit windmolenpark zijn er verschillende configuraties voorzien waaronder ook één met een mogelijke toename in grootte van de turbines. De monitoring van het onderwatergeluid tijdens de operationele fase zal zich richten op de karakterisering van het geproduceerde geluid in verschillende weersomstandigheden. Hiervoor zullen minstens vier sets van metingen nodig zijn, twee in matige 3-4 Bft windstaat en twee tijdens een stormachtige gebeurtenis (deze laatste metingen dienen te worden verkregen vanop een vast meetstation). Net als bij de metingen tijdens de bouwphase dient het spectrum waarover gemeten wordt tenminste 10 Hz – 10 kHz te dekken. Indien verschillende types fundering of turbine gebruikt worden, dienen de metingen voor elk type te worden herhaald en met elkaar worden vergeleken. Waar mogelijk dienen brongeluiden te worden bepaald of afgeleid.

#### *Ontmantelingsfase*

Het is nog niet gekend welke methodes gebruikt zullen worden tijdens de ontmantelingsfase. Gezien de leemte in de kennis is het nodig om ook tijdens deze fase het veroorzaakte onderwatergeluid te karakteriseren.

### 7.4.2 Monitoring Geluid boven water

Op basis van de resultaten van de monitoring van C-Power en Belwind (Dekoninck en Bottledooren, 2010; 2011) werd besloten dat de monitoring van het bovenwatergeluid in het kader het voorgestelde project niet vereist is. De BMM vraagt bijgevolg geen monitoring voor dit onderdeel.

### 7.4.3 Monitoring Seismisch onderzoek

Wat betreft de productie van onderwatergeluid tijdens seismisch onderzoek wordt er geen monitoring voorzien.

## 8. Risico en veiligheid

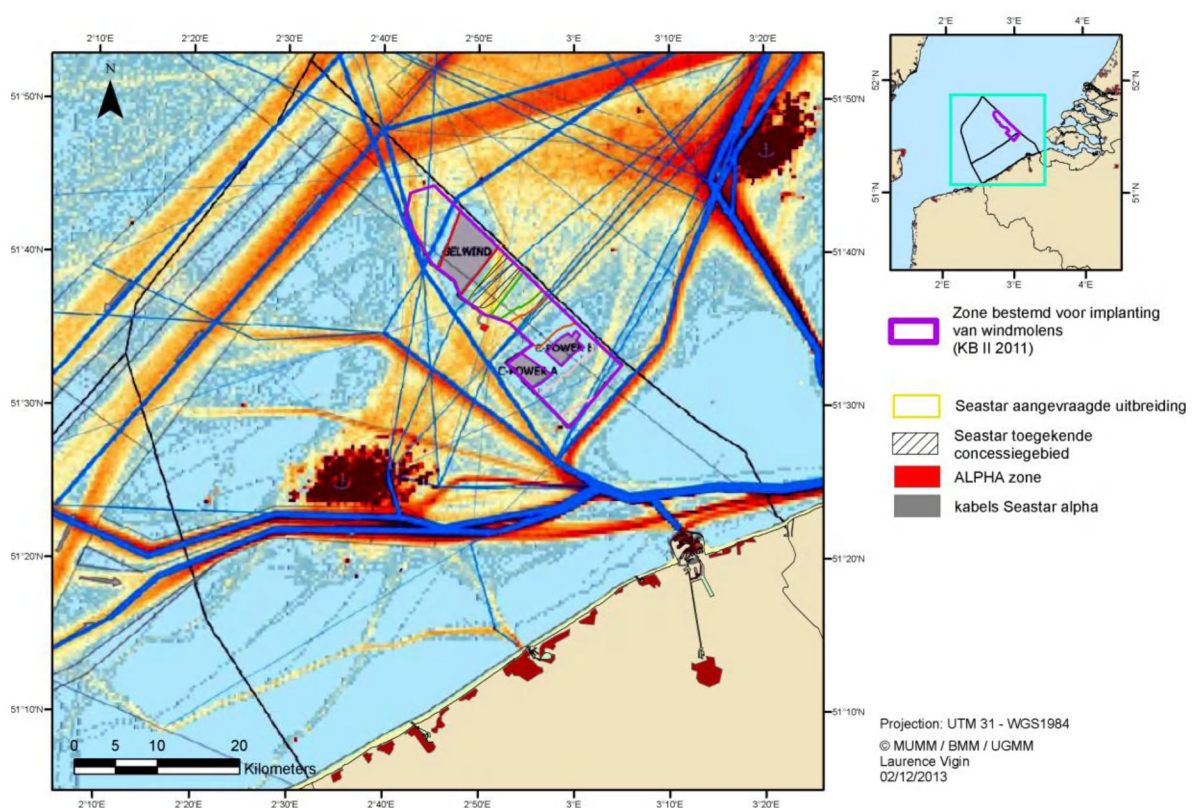
- De exploitatie van een windmolenpark in een zone waar zich voorheen een scheepvaartroute bevond, brengt een aantal extra risico's met zich mee die ook in de reeds vergunde windmolenparken aanwezig zijn;
- de kans op aanvaring- of aandrijfongevallen van schepen met de Seastar turbines wordt geschat op maximaal 1 op ~54 jaar (configuratie met 62 turbines op een monopile of GBF);
- als de hele Belgische windmolenzone (met uitzondering van de meest noordelijke zone) ingevuld wordt dan stijgt de kans op aanvaar- of aandrijfongevallen naar 1 op 4 jaar;
- de realisatie van het Seastar windmolenpark heeft een verwaarloosbare invloed op het aantal schip-schip aanvaringen op het Belgisch deel van de Noordzee;
- een olielozing in het Seastar gebied kan een groot gebied verontreinigen en kan, afhankelijk van de weerscondities, de lozingslocatie, het tijdstip van de lozing, het olietype, etc... zowel Belgische als Nederlandse beschermde mariene gebieden bereiken;
- de activiteit is enkel aanvaardbaar indien de nodige preventie- en voorzorgsmaatregelen genomen worden om de veiligheid verder te verhogen en de kans op een ongeval met eventuele milieuschade tot gevolg te beperken;
- het risico op aanvaring is gering tijdens de installatie of ontmanteling van de verbindingskabels en uiterst gering tijdens de exploitatiefase van deze kabels gezien het lage aantal scheepsbewegingen dat vereist is en het kabeltracé geen scheepvaartroutes kruist;
- de exploitatie van elektriciteitskabels in een zone waar bodemberoerende visserij plaatsvindt en schepen kunnen ankeren, brengt een aantal extra risico's met zich mee die ook bij andere reeds vergunde elektriciteitskabels aanwezig zijn;
- de kansen op een scheepsongeval zijn lager voor scenario's met minder verbindingskabels (3 i.p.v. 5) aangezien te verwachten valt dat meer kabels (in afzonderlijk sleuven) een langere installatietijd vereisen en dat ook de kans op een ongeval tijdens de exploitatiefase stijgt met het aantal kabels,
- het Seastar project is voor wat betreft risico en veiligheid aanvaardbaar voor zowel de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden. Wat betreft de te gebruiken technieken en configuraties zijn de aanvarings- en aandrijfkansen het laagst in scenario 3 (minst aantal turbines), maar verwachten we de minste gevolgschade indien monopile funderingen gebruikt zouden worden (scenario 1 en 2),
- wat betreft risico en veiligheid verwachten we voor scenario 2 in combinatie met monopile funderingen en 3 drie verbindingskabels het laagste ecologische risico.

### 8.1 Inleiding

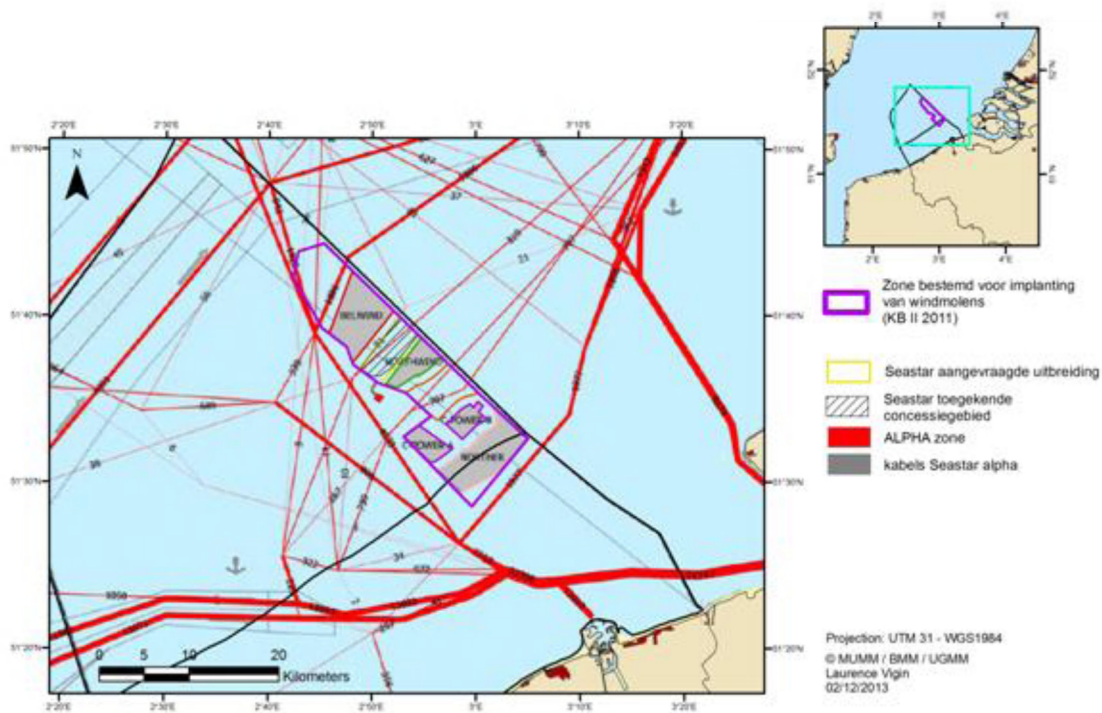
Dit hoofdstuk behandelt de te verwachten effecten van het project op het mariene milieu ten gevolge van defecten, ongevallen en rampen. Het is dus van groot belang te weten hoe de aanwezigheid van het windmolenpark en de verbindingskabels, van bouw tot exploitatie en ontmanteling, specifieke risico's op verontreiniging met zich meebrengen, en hoe ze de bestaande risico's (meestal in verband met scheepvaart) wijzigen. De te onderzoeken effecten op het gebied van veiligheid worden niet beperkt tot het natuurgedeelte van het milieu, maar breiden zich uit tot de mens en materiële goederen. De effecten op radar, scheepscommunicatie en scheepvaart vallen in de categorie van effecten van het windmolenproject op menselijke activiteiten, maar worden in dit hoofdstuk behandeld gezien het nauwe verband met de scheepvaartveiligheid. De aanwezigheid van schadelijke stoffen in het park of de kabels wordt apart in hoofdstuk 9 behandeld.

### 8.1.1 Huidige scheepvaartroutes en scheepvaartdruk

Beelden van de huidige scheepvaartdruk en gevolgde routes in de zone rond het concessiegebied van Seastar worden hieronder weergegeven in Figuur 8.1. Er bestond in 2012 reeds een belangrijke secundaire vaarroute doorheen het SeaStar concessiegebied naar het noorden toe. Met de realisatie van het Northwind project (sinds april 2013) zullen de routes die ten zuidoosten en noordwesten rondom de Belgische windmolenzone gaan aan belang winnen, maar ook de routes ten zuidoosten (door het Rentel concessiegebied) en noordwesten (door het Seastar concessiegebied) van de Lodewijkbank blijven in gebruik. Uit Figuur 8.2 blijkt dat, zelfs met realisatie van het Rentel project, er een secundaire route overblijft ten noordwesten van de Lodewijkbank waarmee voor de evaluatie van dit project rekening dient gehouden te worden.



Figuur 8.1: Overzicht van het scheepvaartverkeer in 2012 op basis van AIS-data (aangepast uit Marin, 2013a).



Figuur 8.2 Aanduiding van de scheepvaartroutes die zich zullen vormen na realisatie van de vijf reeds volledig vergunde windmolenparken (aangepast uit Marin, 2013b).

## 8.2 Te verwachten effecten

De volgende effecten worden besproken:

- industriële risico's;
- invloed van het park op radar en scheepscommunicatie;
- effecten van de voorgenomen activiteiten op de scheepvaart;
- risico's te wijten aan de veranderingen in de scheepvaart;
- risico's gebonden aan de elektriciteitskabels (park- en verbindingkabels).

### 8.2.1 Industriële risico's

De faalkansen van verschillende onderdelen van de windturbines werden door Senternovem onderzocht aan de hand van historische faalgegevens en dit voornamelijk aan de hand van windturbines op land (Senternovem 2005, in SGS 2007). Hieruit bleek dat de faalfrequentie het hoogst is voor kleine onderdelen uit de gondel; daarvoor bedraagt de verwachtingswaarde 1 falen om de 833 jaar. Enerzijds wordt verwacht dat windturbines veiliger en betrouwbaarder worden ten gevolge van de voortdurende en snelle ontwikkelingen in de windsector, zodat kan verondersteld worden dat de windturbines die aangewend zullen worden in het Seastar windmolenpark lagere faalkansen zullen vertonen. Anderzijds is gebleken dat de faalfrequentie op zee gevoelig hoger ligt dan op land (o.a. data C-Power, Belwind en ervaringen in het buitenland). Naast de faalkansen werd ook de werpafstand van onderdelen (blad of deel van afbrekend blad) onderzocht voor 3MW: de werpafstanden zijn maximaal 300m. Er zijn geen gegevens over de maximale werpafstand bekend voor offshore windturbines met een vermogen groter dan 3 MW. Gezien de eerder beperkte (niet-lineaire) stijging in maximale werpafstand tussen resp. 1 MW, 2 MW en 3 MW, wordt verwacht dat de vandaag gehanteerde veiligheidsafstand (cf. KB van 11/04/2012) van 500 m rondom het windmolenpark voldoende zal zijn voor de volledige range van 4 MW tot 10 MW windturbines, en dat



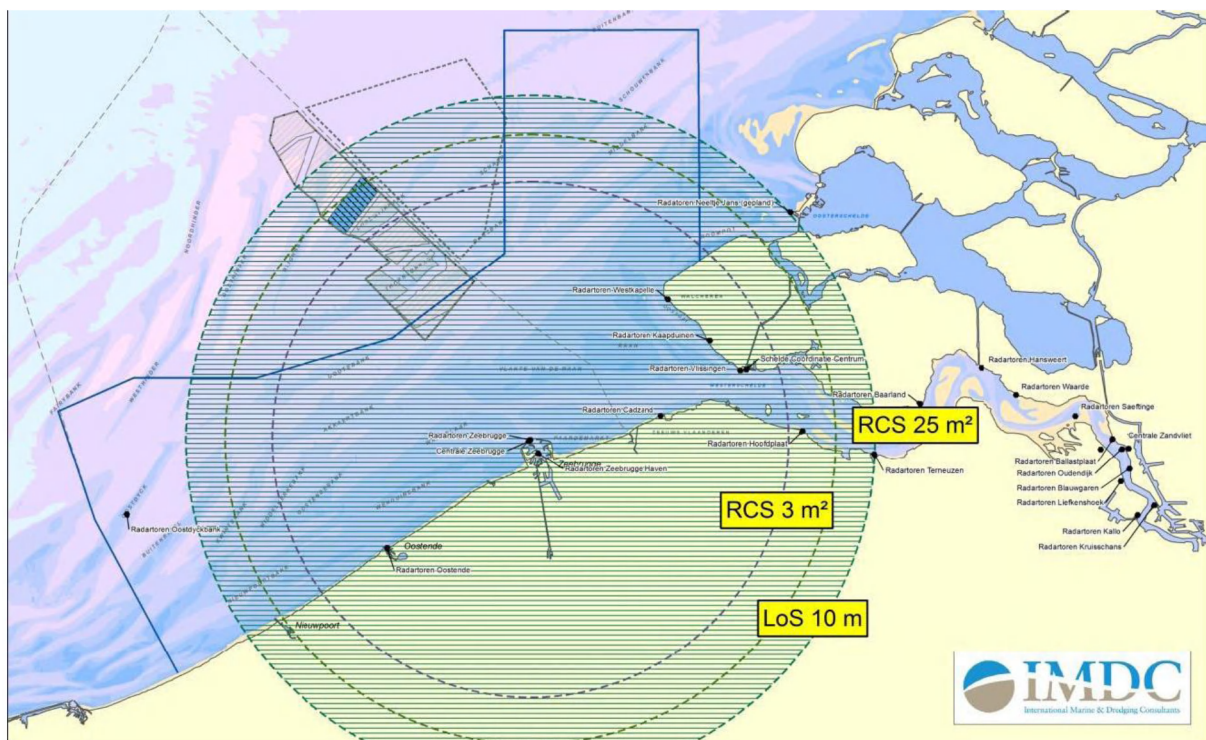
zodoende het risico op accidenten ten gevolge van een weggeslingerde rotorblad gedekt wordt (IMDC, 2013a). De windturbines zijn tevens voorzien van een automatisch brandbeveiligingssysteem en een geïntegreerd concept voor bescherming tegen blikseminslag.

Analyse van de incidenten tijdens de bouwphase van de C-Power en Belwind windmolenparken geeft aan dat operaties in mindere weersomstandigheden verantwoordelijk waren voor een groot deel van de incidenten, naast motorpech, problemen met het design van onderdelen en ervaring van kapiteins. Om toekomstige incidenten te vermijden stelt Mott Mac Donald (2011) voor om een hogere 'vessel classification standard' te gebruiken dan dat van de VK Maritime and Coastguard Agency (MCA) om zeker te zijn dat de schepen goed presteren in slechte weersomstandigheden. Voorbeelden van dergelijke standaarden zijn DNV, GL of ABS classificaties.

## 8.2.2 Invloed van het park op radar en scheepscommunicatie

### 8.2.2.1 Invloed op de waarnemingen van de SRK walradarstations

Vrijwel het volledige Belgische concessiegebied ligt buiten het wettelijke werkingsgebied van de SRK walradarstenen (Figuur 8.3). In praktijk strekt het feitelijke werkingsgebied zich verder uit en ook de scheepvaart buiten het wettelijke werkingsgebied wordt voor zover mogelijk opgevolgd. De reikwijdte van de SRK radarstations wordt enerzijds bepaald door de effectieve LoS (Line of Sight), en anderzijds door de RCS (Radar Cross Section) van de schepen.



Figuur 8.3 Wettelijk SRK werkingsgebied (afgebakend met donkerblauwe lijn) en de Belgische windmolenzone (zwarte lijn). Drie voorbeelden voor de SRK radar van Zeebrugge omtrent beperking van de reikwijdte in functie van line of sight (LoS) en Radar cross section (RCS) (IMDC, 2013a).

In de Flemtek\_IMDC-studie (2012) opgesteld naar aanleiding van de vergunningsaanvraag van Rentel werd bepaald dat er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen voor wat de opvolging van de



scheepvaarttrafiek betreft bij een realisatie van de offshore windmolenparken binnen het afgebakende Belgische concessiegebied, en dit zowel vanuit de Vlaamse als de Nederlandse SRK radarstations. Wel werd opgemerkt dat wijzigingen van de secundaire navigatieroutes de nodige aandacht verdienen in verband met de nautische veiligheid en de gerelateerde opvolging van de scheepvaarttrafiek op deze gewijzigde routes.

#### 8.2.2.2 Invloed op de waarnemingen van scheepsradars

Met betrekking tot de operationele werking van de scheepsradar aan boord van de vaartuigen in de omgeving van de windmolenparken zal er zich geen wezenlijke verandering voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft, ook bij een volledige realisatie van alle offshore windmolenparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ (IMDC, 2013e). De meeste fenomenen zijn nu reeds bekend wanneer zich een voldoende groot object (in casu ander schip) in de nabijheid van de eigen scheepsradar bevindt. De radaroperatoren aan boord zijn dan ook voldoende met deze verschijnselen vertrouwd. Voor de opvolging van het scheepvaartverkeer in een windmolenpark, of voor de opvolging vanuit een windmolenpark dient de opmerking gemaakt dat er zich direct achter windturbines dode zones kunnen voordoen.

#### 8.2.2.3 Invloed op de scheepscommunicatie

In het Verenigd Koninkrijk werden uitgebreide testen uitgevoerd naar de invloed van een bestaand offshore windmolenpark (North Hoyle, 5 rijen van 6 - 2 MW turbines), op radiofonie en scheepsradars (MCA and Qinetiq, 2004). Hieruit werd besloten dat er geen noemenswaardige effecten optraden voor de radiofonie. Ook in Flemtek\_IMDC (2012) en IMDC (2013e) werd gesteld dat met betrekking tot de VHF radiostations er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen op Belgisch of Nederlands grondgebied voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een volledige realisatie van alle offshore windmolenparken binnen het afgebakende concessiegebied op het BDNZ. Dit geldt zowel voor de werking van het AIS systeem als voor het RDF systeem. De verwachte wijzigingen in secundaire navigatieroutes rondom de offshore windmolenparken verdienen wel de nodige aandacht in verband met de veiligheid van de scheepvaarttrafiek, waarbij de radio communicatie doorheen de windmolenparken tussen schip en schip gestoord tot onmogelijk zal zijn (Flemtek\_IMDC, 2012; IMDC, 2013e).

#### 8.2.2.4 Bewaking van de Belgische windmolenparken

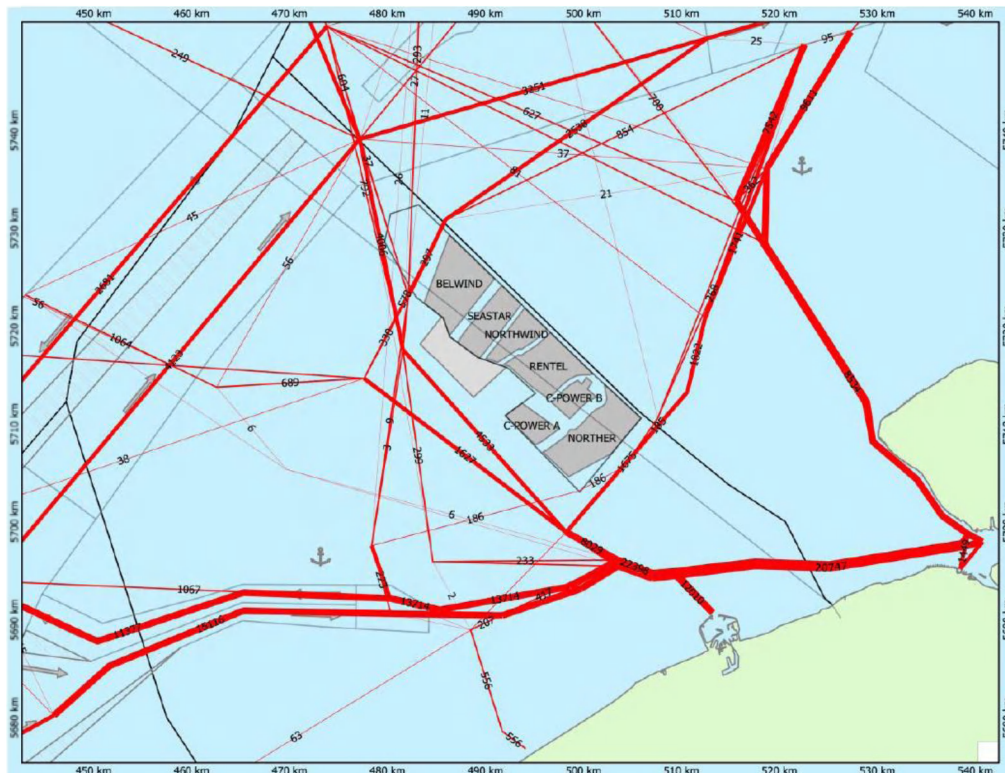
Uit Figuur 8.3 blijkt dat er maatregelen getroffen moeten worden om het scheepvaartverkeer te begeleiden aan en rond het meer zeewaarts gelegen gedeelte van de Belgische windmolenzone. Hierbij kan gedacht worden aan een bijkomende radarinstallatie, op een gepaste locatie en met eventueel een beperkte reikwijdte (Flemtek\_IMDC, 2012). Een dergelijke extra radarinstallatie zou ten goede komen van alle offshore windmolenparken (Norther, C-Power, Rentel, Northwind, Seastar, Belwind, en eventuele andere toekomstige initiatieven).

### 8.2.3 Effecten van de voorgenomen activiteiten op de scheepvaart

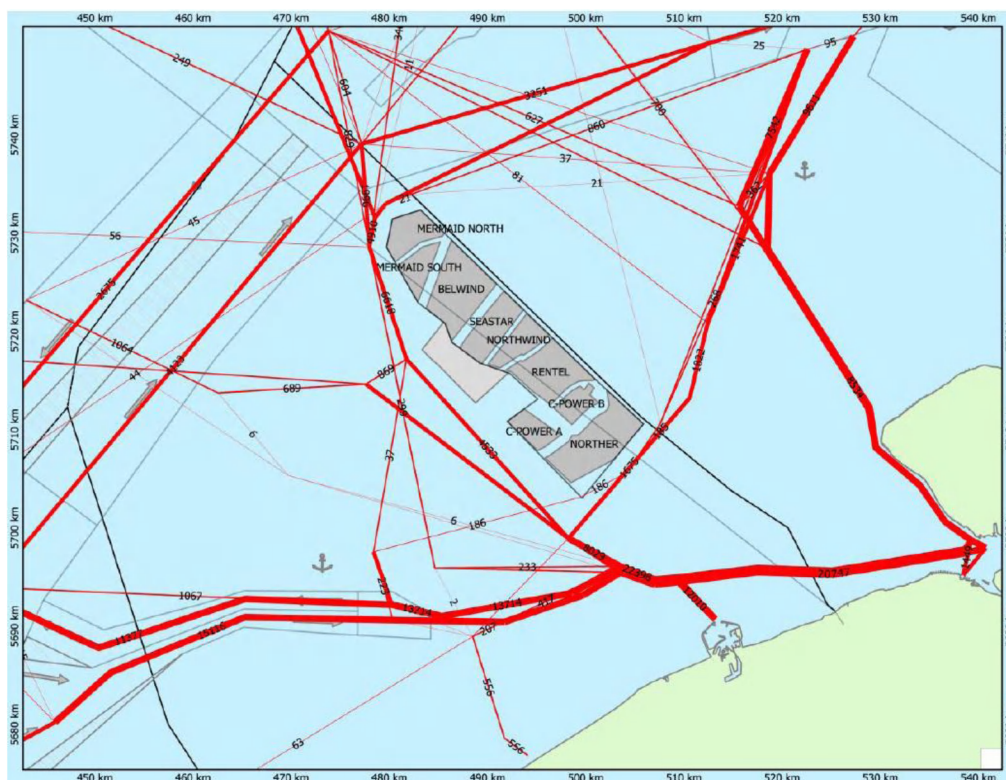
Hierboven (8.1.3) werd een overzicht gegeven van de huidige scheepvaartpatronen en de verwachte evolutie ervan na realisatie van de reeds vergunde windmolenparken. Indien het Seastar project gerealiseerd wordt, zou men kunnen verwachten dat het deel van de Thornton route dat zich ten noordwesten van de Lodewijkbank bevindt (zie Figuur 8.1) zich zou kunnen verleggen naar de routes die ten zuidoosten en noordwesten rondom de Belgische windmolenzone gaan conform Figuur 8.4 (als op dat ogenblik ook het Rentel project is gerealiseerd). Deze scheepsroutewijzigingen zullen

leiden tot een toename van af te leggen scheepsmijlen, kosten en CO<sub>2</sub> uitstoot. In het kader van de MER Seastar werden dit enkel berekend voor het BDNZ, ondanks het feit dat ook op het Nederlandse deel van de Noordzee enkele routes zullen verschuiven (Marin, 2013a). Naast Seastar werd ook aan Mermaid een concessie verleend en in Figuur 8.5 wordt een overzicht gegeven van de te verwachten scheepvaartpatronen na realisatie van all windmolenparken die nu reeds over een concessie beschikken.

Voor het scenario met de aanwezigheid van Seastar en de vijf reeds vergunde windmolenparken (Belwind, Northwind, Rentel, C-Power, Norther) lijkt er echter nauwelijks sprake te zijn van een toename in zeemijlen ten opzichte van een basisscenario met de vijf reeds vergunde windmolenparken. Voor het scenario in Figuur 8.5 (voorgaande scenario plus Mermaid) zouden de kosten van de afgelegde zeemijlen op het BDNZ toenemen met 0.36% ten opzichte van het basisscenario (~661.000 euro, IMDC, 2013a). Door de bijkomende scheepvaart zal ook de emissie van broeikasgassen toenemen. In dit geval is de toename aan CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> uitstoot door omvaren op het BDNZ minder dan 1% van de vermeden emissies door klassieke productie (zie ook hoofdstuk 5 klimaat en atmosfeer). Getallen in dezelfde grootteorde worden verwacht net over de grens op Nederlands grondgebied.



Figuur 8.4 Aanduiding van de scheepvaartroutes die zich zullen vormen na realisatie van de vijf reeds volledig vergunde windmolenparken en het Seastar project (Marin, 2013b).



Figuur 8.4 Aanduiding van de scheepvaartroutes die zich zullen vormen na realisatie van de vijf reeds volledig vergunde windmolenparken, het Seastar project en het Mermaid project (Marin, 2013b).

## 8.2.4 Risico's te wijten aan de veranderingen in de scheepvaart

### 8.2.4.1 Aanvaring en Aandrijfrisico's

In de milieueffectenbeoordeling van het Rentel offshore windmolenpark werd een overzicht gegeven van de veiligheidsstudies die het verleden reeds werden uitgevoerd met betrekking tot de gevolgen van de inplanting van offshore windmolenparken in het Belgisch deel van de Noordzee (Rumes *et al.*, 2012a). Het belangrijkste risico dat hier steeds in terugkomt is het risico op aanvaring en aandrijving van een schip met de turbines van het windmolenpark en de mogelijke gevolgen hiervan. Uit veiligheidsstudie van Marin (2013a) voor het Seastar project blijkt dat de kans op een aanvaring of aandrijving van een schip met één van de turbines van het Seastar project relatief laag is t.o.v. de reeds vergunde parken (Tabel 8.1). Dit komt omdat het concessiegebied van Seastar zich, met het verplaatsen/verdwijnen van de Thontonroutes, relatief veraf bevindt van de scheepvaartroutes. Daarenboven wordt het park ten noordwesten en zuidoosten als het ware afgeschermd door de reeds vergunde windmolenparken (respectievelijk Belwind en Northwind). Het cumulatieve aandrijf/aanvaringsrisico als de hele Belgische windmolenzone ingevuld wordt komt op 1 ongeval om de 4,3 jaar. Dit cumulatieve aandrijf/aanvaringsrisico ligt lager dan wat werd becijferd in eerdere studies (Marin, 2011a en b) omdat er rekening gehouden werd met nieuwe data over de omvang en invulling van de individuele projecten alsook met meer recente scheepvaartpatronen. Deze ongevallen omvatten zowel deze met minimale gevolgen als deze met ernstige gevolgen voor het leefmilieu.

Tabel 8.1 Verwachte aanvaringen en aandrijvingen in de Belgische windmolenzone (bron. Marin 2013a).

Windpark	Aantal aanvaringen (rammen) (per jaar)		Aantal aandrijvingen (driften) (per jaar)		Totaal (per jaar)	Frequentie (in jaar)
	Routegebonde n schepen	Niet routegebonden schepen	Routegebonden schepen	Niet routegebonden schepen		
Seastar 41 <sup>1</sup>	0.00030	0.00218	0.00991	0.00113	0.01353	73.9
Seastar 62 <sup>2</sup>	0.00058	0.00171	0.01432	0.00145	0.01806	55.4
Norther	0.02686	0.00242	0.03998	0.00277	0.07202	13.9
C-Power	0.00234	0.00073	0.01742	0.00144	0.02192	45.6
Rentel	0.00009	0.00299	0.01503	0.00199	0.02011	49.7
Northwind	0.00016	0.00124	0.01659	0.00171	0.01970	50.8
Belwind	0.00099	0.00167	0.02761	0.00203	0.03231	31.0
Mermaid	0.02142	0.00293	0.02415	0.00206	0.05056	19.8
TOTAAL <sup>3</sup>	0.05244	0.01369	0.15510	0.01345	0.23468	4.3

<sup>1</sup> Scenario met 41 Seastar windturbines van 6.15 MW op een jacket fundering

<sup>2</sup> Scenario met 62 Seastar windturbines van 5 MW op een GBF of monopile fundering

<sup>3</sup> Cumulatief scenario op basis van de Seastar 62 configuratie

Uit (Marin, 2013a) blijkt dat de aantallen turbines meer bepalend zijn voor de aanvaringskansen dan de afmetingen van de funderingen. Zo worden de grotere afmetingen van jackets ruimschoots gecompenseerd wanneer een kleiner aantal turbines wordt gebruikt. Het gebruik van een jacket vergroot de kansen op aanvaringen voor het Seastar windpark per turbine met gemiddeld 13% tot 16%. Het gebruik van turbines met meer vermogen op eventueel grotere funderingen is bijgevolg gunstiger dan meer turbines met kleiner vermogen op kleinere funderingen

#### 8.2.4.2 Schip – schip aanvaringen

Tijdens de constructiefase is de kans op aanvaring tussen schepen verhoogd door de bijkomende aanwezigheid van de schepen vereist voor de bouw van het windmolenpark. In het MER werd berekend dat de kans op aanvaring tussen schepen tijdens de constructiefase van het Seastar windmolenpark 4.65% hoger zal liggen dan normaal (IMDC, 2013a). Dit verhoogde risico is van zeer tijdelijke aard. De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 2,3%

De effecten van de exploitatie van het windmolenpark op schip-schip aanvaringen, buiten de windmolenzone op de Belgische Noordzee, door de veranderingen van de vaarroutes werden berekend in Marin (2011b). Ten opzichte van de situatie met drie vergunde parken (Belwind, C-Power en Northwind) zou de bijkomende aanwezigheid van Norther, Rentel en Seastar een lichte stijging van het aantal schip-schip aanvaringen met 0,13% veroorzaken (in casu van 1,703 schip-schip aanvaringen per jaar naar 1,705 per jaar). In Marin (2013a) werd daarentegen becijferd dat, door de sluiting van de routes doorheen Seastar concessie, het aantal schip-schip aanvaringen zou verminderen met 0,11% ten opzichte van het basisscenario met de vijf reeds vergunde parken (Norther, C-Power, Rentel, Northwind en Belwind).

#### 8.2.4.3 Gevolgschade aanvaringen/aandrijvingen

In het MER wordt de gevolgschade van eventuele aanvaring en aandrijvingen op zowel de vaartuigen als de turbines besproken. De gevolgschade omvat: schade aan het windmolenpark en schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen, verontreiniging ten gevolge van een scheepsramp, persoonlijk letsel en impact op de rest van de scheepvaart. In het kader van de milieuvergunning zijn vooral de eventuele schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen en de mogelijks

daaruit resulterende verontreiniging van belang. De schade aan het schip is o.a. afhankelijk van de afmeting en aard van het vaartuig, de snelheid waarmee het tegen de windmolen botst, de manier waarop het tegen deze structuur botst, maar ook van de aard van deze structuur (funderingstype – zie hieronder). Tabel 8.2 geeft een overzicht van de extra uitstroomkans en hoeveelheid van ladings- en bunkerolie die verwacht kan worden na constructie van de windmolenparken in het BDNZ. Het aandeel in deze uitstroom van ladings- en bunkerolie dat direct te wijten is aan het Seastar project is minimaal gezien de lage aanvaring en aandrijf risico's van dit project. Zonder mitigerende maatregelen neemt de globale kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het BDNZ als gevolg van het risico op aanvaring met een windturbine van Seastar toe met ~2.1%.

Tabel 8.2. Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie

	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	
<b>Seastar 62<sup>1</sup></b>	0.000786	1272	0.553	0.000191	5225	1.088	1023
<b>Windmolenzone<sup>2</sup></b>	0,002191	457	1,4	0,000458	2185	2,5	378
<b>BDNZ (zonder windmolenzone)</b>	0,023553	42	6,1	0,008280	121	164,2	31

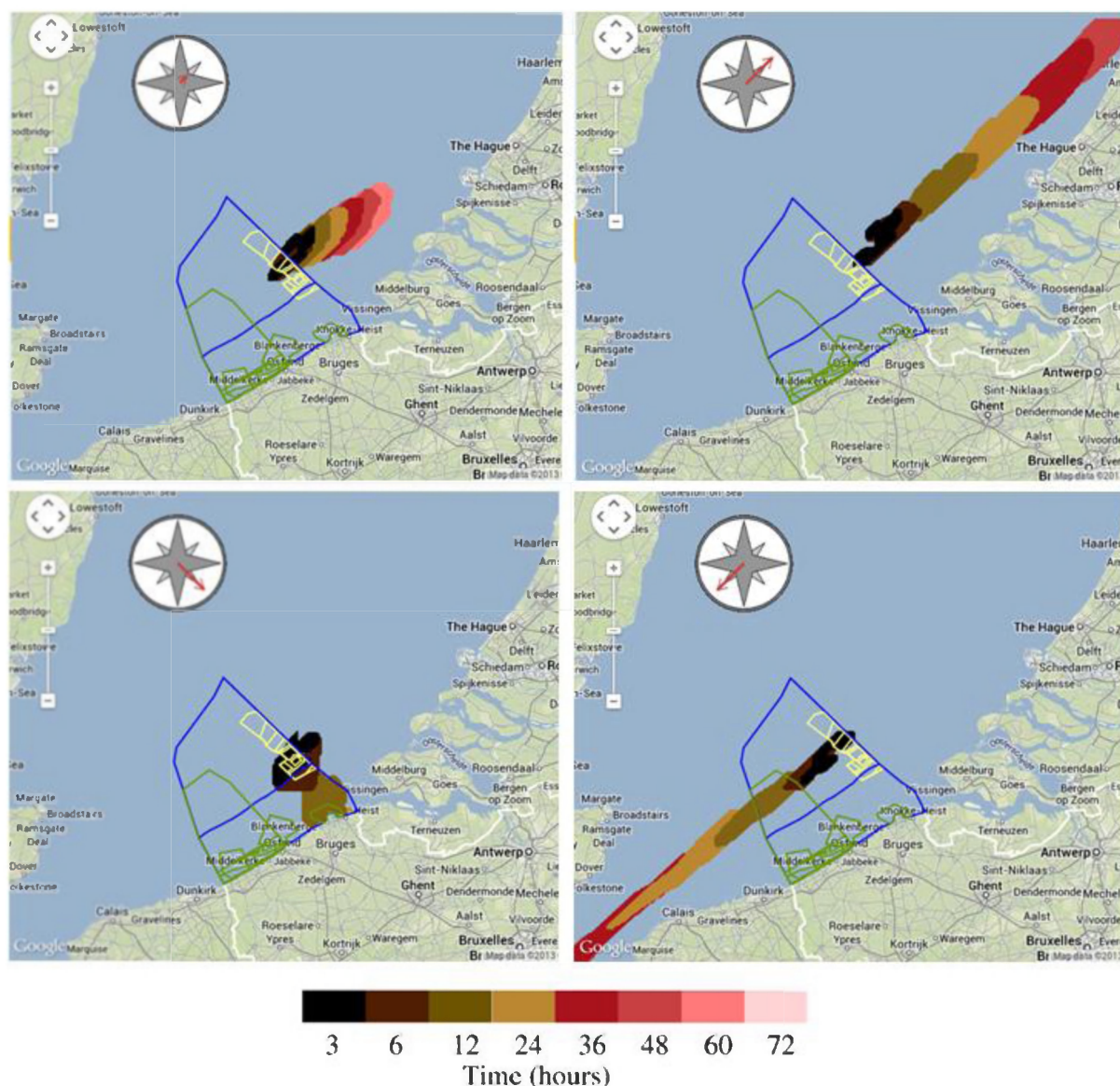
1 Worst case scenario met 62 Seastar windturbines van 5 MW op een GBF of monopile fundering

2 Scenario met realisatie van de Norther, C-Power, Rentel, Northwind, Seastar en Belwind (uit Marin, 2011b)

In Dulière en Legrand (2011) werd het door de BMM ontwikkelde 'Oil Spill drift model' OSERIT gebruikt om het 2D traject van een mogelijke olievervuiling aan het wateroppervlak te voorspellen in het kader van de MEB van het Norther project (Rumes *et al.*, 2012a). OSERIT werd ontwikkeld om de korte termijn (1-5 dagen) milieu impact van een olievervuiling te kunnen beoordelen. In het model wordt iedere olielozing als een deeltje voorgesteld (Lagrangiaans deeltjes benadering) dat drijft op het wateroppervlak door het gecombineerd effect van getijden, winden en oppervlaktewater stromingen. Het model beschouwt ook de turbulente diffusie en stranding (olie stopt als het het strand bereikt). Hieronder wordt een beeld gegeven van een worst case scenario met een olielozing in het midden van het Seastar concessiegebied (Figuur 8.5).

De gebruikte windcondities varieerden van windstil tot de extremere (N, NO, NW en SW winden van 17 m/s). In dit opzicht kan het scenario met een constante windsnelheid van 17m/s als worst case scenario beschouwd worden. Concreet simuleert het model een olievlek door lozing van 100 deeltjes 30 minuten voor hoog tij, 100 deeltjes bij hoogtij en 100 deeltjes 30 minuten na hoog tij om zo het tijdsverschil tussen de verschillende getijden in de Belgische Noordzee in rekening te brengen. Dit over een periode van 15 dagen om een volledig getijdecyclus tussen hoog en laag tij te beschouwen. In het totaal werden zo 10 miljoen verschillende olielozingsscenario's beschouwd voor de studie. In Figuur 8.5 worden, bij wijze van voorbeeld, de zone geïmpacteerd door olie over de verschillende tijdsintervallen na lozing in het midden van de Seastar zone bij windcondities van windstil tot 17.5 m/s weergegeven.





Figuur 8.5. Zone geïmpacteerd door olie over de verschillende tijdsintervallen na lozing in het midden van de Seastar zone. Alle lozingsscenario's zijn inbegrepen (bij hoog tij, laag tij en 'tussenin' tij). De weerscondities worden voorgesteld d.m.v. een rode pijl in de windroos (in casu windstil (linksboven), noordoostelijke (rechtsboven), zuidoostelijke (linksonder) en zuidwestelijke (rechtsonder) winden met een snelheid van 17.5 m/s). Blauwe lijnen = Territoriale zee en BDNZ, witte lijn = windmolenzone, groene lijnen = beschermde gebieden. De lichtroze zone geeft de cumulatieve impactzone weer tot 72u na de lozing.

Uit de gevoerde simulaties kan worden besloten dat tijdens kalme weerscondities (geen wind) de olievlek oscilleert tussen de Belgische en Nederlandse wateren met het ritme van de getijden. De olievlek zou in dit scenario geen van de Belgische en Nederlandse beschermde gebieden beïnvloeden.

Tijdens zwaardere weerscondities (wind van 17 m/s) is de oliedrift vooral afhankelijk van de windsnelheid en -richting. De olie kan de Nederlandse zone bereiken in minder dan 3u en de Franse zone ongeveer 9u na lozing. De Belgische kwetsbare gebieden (SPA, SAC en het Zwin) kunnen geïmpacteerd worden binnen 3 tot 12u. Eerste stranding kan verwacht worden 12u na lozing in de buurt van Zeebrugge.

Ook de uitstroom van chemicaliën kan schade veroorzaken aan het milieu. Na realisatie van zowel

alle reeds vergunde windmolenparken als het Seastar project wordt de totale frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine van Seastar geschat op eens in de ~5700 jaar. Het risico voor een uitstroom met hoog tot zeer hoog ecologisch risico werd geschat op eens in de ~22 000 jaar (Marin, 2013a).

Uit de veiligheidsstudies (Marin, 2011 a en b; Marin, 2013a) blijkt dat aandrijving het grootste risico geeft. Een aandrijving, als gevolg van een storing in de voortstuwing, wordt voorkomen wanneer het schip voor anker kan gaan of de storing op tijd verholpen wordt. Een derde mogelijkheid waardoor de storing niet tot een aandrijving leidt, is wanneer de drifter vroegtijdig wordt opgevangen door een stationssleepboot. De aanwezigheid van een stationssleepboot of ETV in de zone zou de kans op een aanvaring/ aandrijving merkbaar verkleinen (Marin 2011a). Een ETV kan een aandrijving voorkomen wanneer het schip de drifter kan bereiken voordat een windturbine wordt geraakt. De reductie van het aantal aandrijvingen hangt dan ook sterk af van de positie van de ETV op het moment van de melding. In de MARIN studie werd Oostende als thuishaven gekozen voor windkracht 0-4 Bft en werd er aangenomen dat dit schip buitengaats bij ankergebied Westhinder op wacht ligt vanaf windkracht 5 Bft. Voor eerdere configuraties en scenario's in het kader van de MER van het Norther project werd in scenario's met ETV een reductie van het aantal aandrijvingen met ongeveer 68% verwacht t.o.v. scenario's zonder ETV (Marin, 2011a).

### 8.2.5 Risico's gebonden aan de elektriciteitskabels

Het valt te verwachten dat alternatieven naar kabelconfiguratie met meerdere verbindingkabels een langere installatietijd zullen vereisen en bijgevolg een hoger risico op aanvaringen/aandrijvingen met zich zullen meebrengen. Echter, gezien het geringe risico op een scheepvaartongeval, vormt dit niet voldoende reden om een bepaald scenario af te keuren.

Tijdens de exploitatiefase zullen met (zeer) lage frequentie inspecties, heringravingen en kabelreparaties plaatsvinden. Gezien het tijdelijke en lokale karakter van deze activiteiten en gezien het zeer beperkt aantal bijkomende scheepsbewegingen in vergelijking met het totale reeds aanwezige scheepvaartverkeer in de Belgische Zeegebieden, wordt er tijdens de exploitatiefase geen aanzienlijke verhoging van de risico's voor de scheepvaartveiligheid verwacht ten gevolge van de Seastar verbindingkabels.

Mogelijke gevolgschade van eventuele aanvaringen en aandrijvingen op de installatievaartuigen omvat: schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen, verontreiniging ten gevolge van een scheepsramp, persoonlijk letsel en impact op de rest van de scheepvaart. In het kader van de milieuvergunning zijn vooral de eventuele schade aan het schip ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen en de mogelijks daaruit resulterende verontreiniging van belang. De schade aan het schip is o.a. afhankelijk van de afmeting en aard van het vaartuig, de snelheid waarmee het tegen het installatieschip botst, de manier waarop het tegen dit vaartuig botst. Gezien de korte duur van de werkzaamheden en mits het strikt opvolgen van de veiligheidsvoorschriften van de bevoegde overheden valt er slechts een verwaarloosbare toename te verwachten van het risico op aanvaringen/aandrijvingen in het BDNZ ten gevolge van de werkzaamheden voor de installatie, exploitatie en ontmanteling van de Seastar verbindingkabels.

#### 8.2.5.1 Risico's gebonden aan de installatie van elektriciteitskabels

Het installeren van elektriciteitskabels gebeurt door een combinatie van twee handelingen: het

afrollen en deponeren van de kabels enerzijds en het ingraven van de kabels anderzijds. Het ingraven van kabels kan op twee manieren aangepakt worden:

- simultaan met het afrollen en deponeren van de kabels. Hierbij is het schip dat de kabel vervoert en afrolt al dan niet voorzien van de uitrusting voor het ingraven van de kabel. In het laatste geval zal een tweede schip uitgerust met de graafmachine het kabellegschip kort op de voet volgen;
- Niet-simultaan met het afrollen en deponeren van de kabels, waarbij steeds een tweede schip ingezet wordt dat voorzien is van de uitrusting voor het ingraven van de kabels. Dit tweede schip volgt het kabellegschip op zekere afstand, dagen of zelfs weken later.

Deze laatste methode van werken kan tot gevolg hebben dat de kabel gedurende meerdere weken bloot ligt. Een dergelijke blootstelling van de kabel houdt een risico in voor de scheepvaart en de visserij door een obstakel te bieden aan scheepsankers en vistuigen.

#### 8.2.5.2 Risico's gebonden aan de exploitatie van elektriciteitskabels

Het ingraven van de elektriciteitskabels zal moeten gebeuren volgens de voorschriften van de bevoegde overheden. Het kan echter niet uitgesloten worden dat natuurlijke erosieprocessen langs sommige onderdelen van het tracé tot een blootstelling van de kabels leiden. In elk geval is het waarschijnlijk dat de ligging van kabels horizontaal afwijkt (bij het leggen) of vertikaal afwijkt (bij het leggen en door sedimentbewegingen in de tijd) van de opgelegde voorschriften. Een blootstelling van de kabel houdt een risico in voor de scheepvaart en de visserij door een obstakel te bieden aan scheepsankers en vistuigen. Voor monitoring van de erosie rond de kabels wordt verwezen naar het hoofdstuk 6 Hydrodynamica en sedimentologie.

#### 8.2.5.3 Risico's gebonden aan de ontmanteling van elektriciteitskabels

De risico's gebonden aan de ontmanteling van de verbindingkabels zijn gelijkaardig aan deze bij de installatie van de kabels en zijn beperkt tot de effecten van de voorgenomen activiteiten op de scheepvaart).

### 8.2.6 Cumulatieve effecten

De cumulatieve effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het Seastar windmolenpark en de andere vergunde windmolenparken op het veiligheidsniveau in het BDNZ werden hierboven reeds besproken.

Gezien de samenwerking met de nabijgelegen Rentel en Elia offshore projecten worden er geen significante cumulatieve effecten verwacht van de constructie, exploitatie en ontmanteling van de Seastar verbindingkabels op het vlak van risico en veiligheid.

## 8.3 *Besluit*

### 8.3.1 Aanvaardbaarheid

De industriële risico's en risico's gebonden aan de constructie en exploitatie van het Seastar project zijn vergelijkbaar met of beperkter dan deze van de andere reeds vergunde parken en zijn, mits het naleven van de voorwaarden (zie verder), aanvaardbaar. Deze aanvaardbaarheid geldt zowel voor de originele als



voor de mogelijke uitbreidingen van de Seastar concessie en voor alle types funderingen besproken in het MER (IMDC, 2013a).

De cumulatieve effecten van de constructie en exploitatie van de verschillende windmolenparken in het BDNZ op de scheepvaart en de hiermee verbonden risico's zijn enkel aanvaardbaar indien al de nodige preventie- en voorzorgsmaatregelen genomen worden om de veiligheid verder te verzekeren en een ongeval met eventuele milieuschade tot gevolg te vermijden.

De risico's gebonden aan de installatie, exploitatie en ontmanteling van de Seastar verbindingsskabels zijn, mits het naleven van de hieronder vermelde voorwaarden, aanvaardbaar.

### 8.3.2 Compensaties in milieuvoordelen

In het kader van het onderzoek van deze aanvraag hield de BMM rekening met twee aspecten van de taak van de bevoegde overheid. Enerzijds dient de overheid ervoor te zorgen dat de activiteit, éénmaal aanvaard, geen onaanvaardbaar risico voor het milieu met zich meebrengt en anderzijds heeft de overheid de verplichting in staat te zijn om bij een incident mogelijke schade voor het milieu, de bevolking en de goederen zoniet te voorkomen dan toch minimaal te houden.

Elk windmolenpark brengt een nieuw risico van zeeverontreiniging met zich mee. Dit vertaalt zich in een nadelig effect van de vergunde activiteit, waarvoor de aanvrager de nodige compensaties in milieuvoordelen dient te geven. Dit kan gebeuren in de vorm van een bijdrage bij de paraatheid van de overheid, die erop gericht is milieuschade door verontreiniging van de Noordzee beter te voorkomen en de daartoe vereiste middelen te versterken. Net als bij de vorige aanvragen voor offshore windmolenparken wordt hier voorgesteld dat Seastar zich aansluit bij het systeem van financiële bepalingen of materiële bijdragen die hiervoor werden voorzien in de reeds bestaande vergunningen voor offshore windmolenparken.

### 8.3.3 Mitigerende maatregelen

#### *Intensief beheer Westpitroute en ETV (preventie aanvaringen/aandrijvingen)*

Met betrekking tot de scheepvaart rond en in windmolenparken werd de Nautische adviesgroep BE-NL-VL opgericht. Deze Nautische adviesgroep gaat enerzijds na of er bijkomende maatregelen dienen genomen te worden om het in- en uitvaren, van de Belgische windmolenzone, van onderhoudsschepen op een veilige manier te laten verlopen. Anderzijds bespreekt deze Nautische adviesgroep het voorstel van mogelijke scheepsrouterings-systemen in het gebied. Om de veiligheid in de Belgische windmolenzone verder te verhogen, kan er bijkomend beheer komen in de zone boven de Westpit. In die zone wordt momenteel niet actief gemonitord gezien er geen VTS (Vessel traffic service) is. Ook de optie om een extra radar te plaatsen in functie van de windmolenzone kan bijdragen tot deze verbeterde, aangepaste scheepvaartbegeleiding. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om een stationsleepboot of ETV te mobiliseren die de kans op een aanvaring/ aandrijving merkbaar kan verkleinen (Marin 2011a).

#### *Aangepaste funderingstypes (preventie gevolgschade)*

Uit de veiligheidsstudie van het Anholt windmolenpark (Ramboll, 2009) blijkt dat men de minste gevolgen kan verwachten bij een aanvaring met een monopile fundering. De kans dat de scheepswand doorboord wordt, is groter bij jacket and tripod funderingen (Dalhoff en Biehl, 2005). De gevolgen van een aanvaring met een GBF zijn afhankelijk van de hoogte waarop de schepen in aanvaring

komen met de GBF. Indien de basis van de GBF zich onder de romp van het vaartuig bevindt, dan zal het vaartuig in aanvaring komen met de toren en wat kan resulteren in het ‘schuiven’ langs de fundering wat de hele windmolen uit evenwicht brengt. Indien de basis van de GBF zich niet onder de romp van het vaartuig bevindt, kan de scherpe rand van de basis van de GBF de scheepswand ernstig beschadigen. Dit laatste is onwaarschijnlijk gezien de relatief grote diepte van de Seastar concessie.

#### *Noodplan/SAR (beheersmaatregelen na incident)*

Het bestaan van het windmolenpark brengt specifieke beperkingen mee voor de personen die het risico en de gevolgen van een incident moeten beheersen. De windmolenactiviteit kan deze operaties immers hinderen, waardoor een incident zwaardere gevolgen kan hebben. Door een specifiek noodplan, overeenkomstig de wettelijke en technische bepalingen, kunnen bepaalde beperkingen in zekere mate ongedaan worden gemaakt.

#### *Betere bestrijding van verontreinigingen (beheersmaatregelen na incident)*

De permanente automatische opname van meteogegevens in de windparkzone kan substantieel bijdragen tot betere plaatselijke weersvoorspellingen en derhalve ook tot een grotere accuraatheid van de modellen van verspreiding van verontreiniging die routinematig draaien bij de overheid. Bijgevolg maakt het verwerven van meteogegevens deel uit van de preventieve maatregelen tot een verhoogde veiligheid.

Gezien een variëteit aan meteoparameters gebruikt worden bij het laten lopen van verschillende modellen (golfhoogten, risico analyses...) is het belangrijk om over deze parameters te beschikken. Bovendien is met name de zichtbaarheid belangrijk gezien de meeste ongevallen lijken te gebeuren in mistig weer eerder dan bij ruwe zee. Indien door middel van een infraroodmeter de zichtbaarheid op zee ter hoogte van concessie kan gemeten worden en in (near)realtime doorgestuurd worden naar wal (bv. via de vergunninghouder naar MRCC), kan bij een slechte zichtbaarheid de paraatheid aan de kust verhoogd worden en indien geopteerd wordt voor een stationssleepboot, kan deze in stand-by ter hoogte van de zone geplaatst worden en preventief de veiligheid van de scheepvaart bewaken.

### 8.3.4 Voorwaarden en aanbevelingen

#### 8.3.4.1 Voorwaarden

##### *Noodplan*

- Vóór de aanvang van de bouwfase moet de houder een noodplan aan de BMM meedelen.
  - Voor het opstellen van dit noodplan dient de concessiehouder ten laatste 6 maanden voor de start van de werken contact op te nemen met de BMM voor aanbevelingen m.b.t. de inhoud van het noodplan. Het bestuur legt een standaard noodplan op aan de houder in de vorm van een template. Het begeleidingscomité gaat de conformiteit na van het noodplan met de aanbevelingen en maakt dit noodplan over aan de bevoegde instantie ter afstemming op de noodplannen die van toepassing zijn binnen de zeegebieden.
- Het noodplan heeft betrekking tot de noodgevallen voortvloeiend uit de bouwwerkzaamheden of de exploitatie van de activiteit en op de ongevallen die door derden in het concessiegebied worden veroorzaakt. De aanvrager moet voor de uitvoering van dit plan de vereiste werkploegen en uitrustingen (Tier 1- niveau) paraat houden.
- In het noodplan moeten eveneens procedures voorzien worden voor volgende situaties:
  - Stopzetten / opstarten tijdens zware storm;

- Stopzetten / opstarten t.g.v. technische defecten;
- Stopzetten / opstarten tijdens grote vogeltrek met verhoogde kans op vogelsterfte;
- Stopzetten / opstarten t.g.v. een vordering van de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding;
- Stopzetten / opstarten t.g.v. een vordering van de BMM/FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.
- In het noodplan moet een speciale sectie worden opgesteld met betrekking tot de risico's gebonden aan de aanwezigheid van oliën en gevaarlijke stoffen in alle structuren van het park inclusief de meetmasten en de transformatorplatformen. Eveneens dient een voldoende veiligheidsniveau gewaarborgd te zijn tijdens de olievullingsoperaties en de buitendienststelling van de transformator. In het bijzonder moet een procedure worden opgesteld in geval van brand op een structuur of op een schip dat in aanvaring met een structuur zou kunnen komen, in geval van vrijkomen van olie afkomstig van een structuur of van een schip dat in aanvaring met een structuur zou komen.
- Het noodplan bevat tevens een lijst van alle schepen, operatoren en vaar- en voertuigen die bij de werkzaamheden (bouw, onderhoud en afbraak) betrokken zijn en vermeldt de specifieke kenmerken, identificatie en callsign. Elke wijziging moet aan de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu en aan de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding worden gemeld voor dat het betrokken middel wordt ingezet.

#### *Scheepvaartveiligheid*

- Inzake scheepvaartveiligheid dient de houder de voorschriften van de bevoegde instanties volledig na te leven. In het bijzonder zal de zone duidelijk moeten afgebakend worden die ontoegankelijk is voor vaartuigen, die niet rechtstreeks gebonden zijn aan de vergunde activiteit. Indien andere niet vergunnings- en/of machtigingsplichtige activiteiten, die niet rechtstreeks gebonden zijn aan dit vergunde project, in het concessiegebied worden toegelaten, dan moeten specifieke veiligheidsmaatregelen voor deze activiteiten worden toegepast. Hierover dient de BMM en eventuele andere bevoegde instanties ten gepaste tijde te worden geraadpleegd.
- Minimaal één maand voorafgaand aan de bouwperiode worden in een door de houder te initiëren overleg afspraken gemaakt tussen de houder, het bevoegde gezag en de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding over de te nemen maatregelen tijdens de bouwperiode.
- Gedurende de bouwwerkzaamheden van het windmolenpark moet, ter plekke, een speciaal uitgerust veiligheidsschip aanwezig blijven, met als opdracht: bewaking van de zone, "early warning system", bebakening van drijvende en gezonken voorwerpen, het mogelijk slepen van kleine schepen, eerste noodhulp aan personen, tijdelijke werkpost voor de overheid. Dit veiligheidsschip moet ook kunnen instaan voor de bewaking van de zone tijdens slechte weersomstandigheden.
- Bijzondere transporten dienen voorgelegd te worden aan de dienst Scheepvaartbegeleiding.
- Tijdens de constructie dienen alle reeds afgewerkte funderingen en structuren permanent door een vaartuig worden bewaakt en de structuren die boven de HHWS uitsteken dienen, op het hoogste punt een tijdelijk waarschuwingslicht ten behoeve van de scheep- en luchtvaart te dragen. Het licht moet overeenkomen met de specificaties die bepaald zijn door de nautische dienstchef en het directoraat-generaal Luchtvaart. De houder dient de nodige veiligheidssystemen op te stellen om de signalisatie van het park en de structuren op ieder ogenblik te verzekeren.
- Alle windturbines moeten individueel genummerd worden aan de basis van de mast en op de

top van de gondel.

#### *Milieuverontreiniging*

- Iedere windturbine en transformator dient voorzien te zijn van opvangbakken om te vermijden dat vloeistoffen vrijkomen in het milieu.
- In geval van vervuiling en bij gebrek aan kennis van de identiteit van de aansprakelijke partij valt het reinigen van de kunstmatige structuren van het windmolenpark volledig ten laste van de houder. De overheid met bevoegdheid op zee en diegenen die in opdracht van de overheid optreden, behouden het recht om pollutiebestrijdingsactiviteiten uit te voeren binnen het concessiegebied op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de houder in kennis gebracht wordt van de intenties van de overheid.
- Gedurende de exploitatiefase moet er bijgedragen worden aan de paraatheid van de overheid, die erop gericht is milieuschade door verontreiniging van de Noordzee beter te voorkomen en de daartoe vereiste middelen te versterken. Hiervoor kan beroep worden gedaan op de voorziene financiële of materiële bijdrage.
- De aanvrager dient 1 à 2 maal per jaar alarmoefeningen te organiseren voor het testen van zijn noodplan. De BMM moet worden uitgenodigd op deze oefeningen. Deze alarmoefeningen kunnen de vorm nemen van gesimuleerde nautische noodgevallen, noodsleepoefeningen en oliebestrijdingsoefeningen en mogen gecombineerd worden met eventuele overheidsoefeningen.
- Alle nuttige parameters gemeten vanaf de meetmasten en andere installaties moeten in "real time" aan de BMM worden overgemaakt. Volgende parameters dienen minimaal te worden overgemaakt: luchttemperatuur, windkracht, windrichting, vochtigheid, luchtdruk en MOR ("Meteorological Optical Range") zichtbaarheid, minimaal om de vijf minuten gemeten. De modaliteiten (formaat, drager, aantal, inhoud, enz.) worden gezamenlijk gedefinieerd en door de BMM goedgekeurd.

#### *Kabels*

- Alle kabels die definitief buiten gebruik worden gesteld tijdens de exploitatiefase, zoals kabels die vervangen worden door andere kabels, moeten verwijderd worden conform de Wet, behoudens andersluidende bepaling van de minister.
- De ingraafdiepte van de kabels wordt door de bevoegde instanties bepaald. Voor milieueffecten moeten alle kabels tenminste 1m diep ingegraven worden.
- De horizontale ligging van de kabel (positie) en de verticale ligging van de kabels t.o.v. de omringende zeebodem (dekking) wordt jaarlijks door de vergunninghouder d.m.v. een survey onderzocht. Het survey-programma en de wijze van uitvoering daarvan behoeft de goedkeuring van het bevoegde gezag. De BMM kan een vertegenwoordiger aanwijzen om op kosten van de vergunninghouder bij de survey aanwezig te zijn. De gegevens en resultaten van deze surveys worden voorgelegd aan de BMM. De BMM kan op basis van deze resultaten de frequentie van de survey veranderen. Wanneer blijkt dat de ligging van de kabel stabiel is en dat voldoende dekking op de kabel aanwezig blijft, kan de BMM toestaan dat de frequentie van de controle op de kabel wordt verminderd. Hiertoe dient de vergunninghouder schriftelijk te verzoeken.
- De bedekking van de kabels moet steeds verzekerd worden en moet gemonitord worden zoals voorzien in het monitoringsplan. Indien de monitoring uitwijst dat de kabel niet meer op de minimale begravingsdiepte ligt, dienen binnen de kortst mogelijke termijn en met een maximum van drie maanden de nodige werken te worden uitgevoerd opdat de kabel terug op haar oorspronkelijke diepte wordt geplaatst of voldoende afgedekt wordt.

*Funderingstypes*

- Indien de houder gebruik wil maken van gravitaire funderingen (GBF) dan dient hij deze zodanig te ontwerpen of te installeren dat er geen risico is op beschadiging van scheepswanden ten gevolge van een aanvaring met de scherpe rand van de basis van de GBF.

#### 8.3.4.2 Aanbevelingen

*voor Seastar*

Het is aanbevolen om schepen met een voldoende hoge ‘vessel classification standard’ te gebruiken tijdens de werkzaamheden en bij het onderhoud. Dit teneinde het aantal veiligheidsincidenten te beperken.

Bij de planning van de werkzaamheden moet er voor gezorgd worden dat de bezetting van de ruimte steeds zo compact mogelijk is. Er moet speciale aandacht besteed worden aan de bebakening van geïsoleerde elementen.

De BMM beveelt aan om een repeaterstation AIS (Automatic Identification System) en een relaisstation voor VHF te voorzien in het windmolenpark en een radiokanaal te voorzien dat in verbinding staat met het controlecentrum van het windmolenpark.

*voor de bevoegde overheden:*

Het is aangewezen om een overleg te organiseren met alle bevoegde nautische diensten ter zake om de nautische veiligheid in de omgeving van de windmolenzone te verzekeren en dit zo snel mogelijk te doen opdat de mogelijke vereiste beheersmaatregelen (radar, Vessel traffic monitoring system, ETV, ...) in werking zijn op het ogenblik dat het Seastar park gebouwd wordt. Indien gekozen wordt om een radar te plaatsen, dient dit op een zodanige locatie te gebeuren dat de volledige Belgische windmolenzone onder de radardekking valt.

Qua kabelconfiguratie is er op het vlak van risico en veiligheid een voorkeur voor een kabelconfiguratie met een minimum aantal verbindingskabels aangezien te verwachten valt dat configuraties met een hoger aantal kabels in afzonderlijk sleuven een langere installatietijd zullen vereisen en bijgevolg een hoger risico op aanvaringen/aandrijvingen met zich meebrengen.

## 8.4 Monitoring

Er wordt geen monitoring voorzien voor dit onderdeel.



## 9. Schadelijke stoffen

- Schadelijke stoffen die geassocieerd worden met offshore windmolenparken zijn anti-fouling producten, smeeroliën en –vetten, aluminium en het broeikasgas zwavelhexafluoride (SF<sub>6</sub>);
- Schadelijke stoffen die geassocieerd worden met de aanleg en exploitatie van verbindingsskabels voor elektriciteit zijn oliën, vetten en bitumen;
- Er zullen geen chemicaliën gebruikt worden om aangroei van organismen te vermijden en het gebruik van beschermingsmatrassen zal eerst ter goedkeuring worden voorgelegd aan de BMM;
- De vrijstelling van Al en Zn uit kathodische bescherming met Al-opofferingsanodes of een Zn- of Al-laag met een meerlagig epoxy-coating erbovenop veroorzaakt verwaarloosbaar lage concentraties aan Al of Zn in het zeewater;
- Er zal moeten opgevolgd worden of en hoe oliën, verven, asfaltmatten en breuksteen in de loop van de activiteit worden gebruikt;
- Indien onbekende, mogelijks radioactieve, kabels worden aangetroffen in de projectzone moeten deze met de nodige omzichtigheid behandeld worden.
- Het project is aanvaardbaar voor wat betreft eventuele schadelijke stoffen en dit zowel voor de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen alsook de verschillende configuraties en funderingstypes.

### 9.1 Inleiding

In het kader van de Wet ter bescherming van het mariene milieu (Art. 17), de OSPAR-conventie en het Akkoord van Bonn<sup>7</sup> moet men ervoor zorgen dat er geen schadelijke stoffen in de zeegebieden worden gebracht. De mogelijke schadelijke stoffen die geassocieerd worden met offshore windmolenparken zijn anti-fouling producten, smeeroliën en –vetten, aluminium en het broeikasgas zwavelhexafluoride (SF<sub>6</sub>). De mogelijke schadelijke stoffen die geassocieerd worden met aanleg en exploitatie van verbindingsskabels voor elektriciteit zijn oliën, vetten en bitumen. Deze en andere schadelijke stoffen die tijdens de constructie- of exploitatiefase kunnen vrijkomen, worden hieronder besproken.

### 9.2 Te verwachten effecten

#### 9.2.1 Olie, vet en bitumen

Windturbines met een tandwielkast bevatten ongeveer 800-1000 l olie. Het hydraulisch systeem bevat daarenboven ongeveer 200 à 300 l hydraulische olie. Verder is er ook nog 200 à 300 kg vet aanwezig ter hoogte van laders en geleidingen. De transformatoren, die zich in de gondel of in de voet van de turbine bevinden, zullen vermoedelijk van het droge type zijn. In de offshore hoogspanningsstations zullen wel transformatoren van het oliegekoelde type aanwezig zijn (1 of 2 stuks). Bovendien is er in de hoogspanningsstations een nooddieselgenerator met een dubbelwandige voorraadtank met dieselbrandstof (circa 30 m<sup>3</sup>) aanwezig. Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbines en de hoogspanningsstations. Het lekken van vloeistoffen (olie, vetten, etc.) uit de installaties wordt vermeden of beperkt door de aanwezigheid van diverse

---

<sup>7</sup> Akkoord van Bonn betreffende de samenwerking in de strijd tegen vervuiling van de Noordzee door koolwaterstoffen en andere gevaarlijkstoffen (1983).

opvangsystemen (lekbakken, randen, inkuipingen) alsook door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties.

In het MER (IMDC, 2013a) wordt aangegeven dat – alvast voor de infield kabels – gebruik zal gemaakt worden van het XLPE type kabel, dat uitgevoerd wordt met geëxtrudeerd en verknoopt polyetheen (cross-linked polyethylene of XLPE) als isolatiemateriaal. In dit type kabel komt geen olie of vet voor door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties.

Beide kabeltypes worden bovendien voorzien van een wapening (armering) die bestaat uit gegalvaniseerde metalen wapeningsdraden. Om de wapeningsdraden te beschermen tegen corrosie, zijn deze omwikkeld met een juteband, die met bitumen is gecoat. Het bitumen heeft een ‘vaste’ vorm bij de normale bedrijfstemperatuur van de kabel. Het zal niet of slechts in zeer beperkte mate uitlogen aan de buitenzijde van de kabel en is daarom niet schadelijk voor het milieu. Het materiaal bevat geen PAK's (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen) (Royal Haskoning, 2005).

### 9.2.2 Corrosiebescherming en aangroeiwerende producten

Er wordt bij gravitaire funderingen geen aangroeiwerende verf gebruikt. Ervaring bij reeds vergunde parken leert dat de betonstructuren niet geverfd worden in se maar dat het gebruikte beton gemixt wordt met pigmenten. De stalen mast (toren) die bloot staat aan de buitenomgeving zal voorzien worden van een meerlagige corrosiebescherming die wordt aangebracht in de werkhuizen van de mastleverancier. Deze bescherming bestaat uit een epoxy-coating geschikt voor toepassing in het mariene milieu met een hoog vast stof gehalte (glasvezel). Andere metalen onderdelen van de windturbine die bloot staan aan de buitenomgeving zijn de toegangstrap/platform, bevestigingsstructuren van sensoren op de gondel, etc. Deze worden doorgaans uitgevoerd in gegalvaniseerd staal of kunststof. De gondelbehuizing evenals de wiken zijn uitgevoerd in hoogwaardig kunststof en zijn bijgevolg niet onderhevig aan corrosie. Metaalconstructies binnen in de windturbinetoren en/of gondel worden uitgevoerd in gegalvaniseerd staal, roestvrij staal of aluminium. Bij een monopile of multipode fundering wordt een corrosiebescherming voorzien, ofwel een kunststoflaag, ofwel een Zn- of Al-laag met een meerlagig epoxy-coating erbovenop. Bovendien is er een kathodische bescherming met Al-opofferingsanodes. In vorige projecten werden anodes van 4220 en 5400 kg gebruikt respectievelijk voor 3 en 5 MW windturbines. De vrijstelling van Al en Zn uit deze anodes veroorzaakt verwaarloosbaar lage concentraties aan Al of Zn in het zeewater (Ecolas, 2003).

### 9.2.3 SF6

Zwavelhexafluoride (SF6) is een chemisch inerte verbinding van zwavel met fluor die gebruikt wordt in de schakelapparatuur van de windturbines. Het betreft een aantal liter SF6-gas per turbine op een druk van <1bar. Eerder analyses uit het project van C-Power hebben aangetoond dat de eventuele hoeveelheden SF6 die zouden vrijkomen, verwaarloosbaar zijn en enkel kunnen vrijkomen bij een accidentele situatie (aanvulling bij Ecolas, 2003).

### 9.2.4 Beschermingsmatrassen en breuksteen

Op dit ogenblik staat het nog niet vast welk materiaal gebruikt zal worden als erosiebescherming ter hoogte van de funderingen en voor het kruisen van de Interconnector aardgasleiding en de elektriciteitskabel. Er kan gebruik gemaakt worden van betonnen beschermingsmatrassen en/of van steenbestorting. Vooraleer deze matrassen kunnen gebruikt worden, dient de samenstelling ter goedkeuring aan de BMM te worden voorgelegd. Indien niet kan aangetoond worden dat dergelijke



matrassen niet uitloggen in het mariene milieu, dan dient een ander materiaal gebruikt te worden dat van natuurlijke oorsprong en inert is, en een gelijkwaardige bescherming biedt. Indien uitloging optreedt dan is de aanvrager in strijd met art. 16 van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België dat het storten in zee verbiedt (MMM-wet).

### 9.2.5 Gebruik monolieten

In de projectbeschrijving is er geen sprake van het gebruik van monolieten. Desondanks wijst de BMM erop dat het gebruik van monolieten (arme non-ferroslakken) in zeewater, en het gebruik ervan als secundaire grondstof bij de aanmaak van andere producten die zouden kunnen gebruikt worden in zeewater (beton, verstevigingsmateriaal e.d.) niet toegelaten is conform art.16 § 1 van de MMM-wet, dat het storten in zee verbiedt.

### 9.2.6 Radioactieve bestanddelen

Er wordt voor het project geen gebruik gemaakt van radioactieve bestanddelen. De ervaring met de bouw van offshore windmolenparken leert dat er oude kabels in het Belgisch deel van de Noordzee aanwezig zijn die radioactieve signaalversterkers kunnen bevatten. Indien onbekende kabels worden aangetroffen moeten deze met de nodige omzichtigheid benaderd worden. Indien delen van de kabel radioactief zijn, dienen de geijkte procedures gevolgd te worden en de bevoegde instanties verwittigd (Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle).

### 9.2.7 Cumulatieve effecten

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het Seastar windmolenpark en de bijbehorende verbindingkabels wat betreft de schadelijke stoffen in het BDNZ.

## 9.3 Besluit

### 9.3.1 Aanvaardbaarheid

Er zal moeten opgevolgd worden of en hoe betonnen beschermingsmatrassen en breuksteen in de loop van de activiteit worden gebruikt. Voorzichtigheid is geboden bij het verwijderen van oude, mogelijks radioactieve kabels. Met uitzondering van olielozingen ten gevolge van aanvaringen of andere scheepvaartongevallen is de kans dat significante hoeveelheden olie of vet accidenteel in het mariene milieu terechtkomen bijzonder klein. De mogelijke gevolgen van scheepvaartongevallen worden besproken in hoofdstuk 8.

Het project is aanvaardbaar voor wat betreft eventuele schadelijke stoffen. Deze aanvaardbaarheid geldt zowel voor de de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen alsook de verschillende configuraties en funderingstypes besproken in de aanvraag.

### 9.3.2 Voorwaarden en aanbevelingen

#### 9.3.2.1 Voorwaarden

Alle vloeistoffen (inclusief de vloeistof in de kabels) en andere oplosbare stoffen moeten in een HNS (Hazardous Noxious Substances) lijst met technische inlichtingen worden beschreven met vermelding

van de fysieke, chemische en ecotoxicologische eigenschappen, alsook de toegepaste hoeveelheden. Deze technische lijst moet ter goedkeuring aan de BMM worden voorgelegd. De inbreng van giftige stoffen in het milieu en op of in de structuren is niet toegelaten. Eveneens is de inbreng van afvalwater en -stoffen in het mariene milieu niet toegelaten.

Toekomstige technische keuzes, die een invloed op de veiligheid en de mogelijke vervuiling van het milieu kunnen hebben, meer bepaald met betrekking tot oliën, verven en gevaarlijke stoffen, dienen aan de BMM ter goedkeuring te worden voorgelegd. Deze keuzes kunnen besproken worden op het Begeleidingscomité.

De productfiches (MSDS fiches) met toxiciteitsgegevens van de producten gebruikt bij het uitvoeren van de werken dienen aan het noodplan van de bouwfase te worden gevoegd.

Indien de aanvrager het nodig acht eventuele aangroei te verwijderen dan mogen hiervoor geen chemische producten gebruikt worden. De BMM geeft, na de optie niets doen, de voorkeur aan mechanische verwijdering. Indien de houder aangroei wenst te verwijderen, om welke redenen ook, dient dit 1 maand voorafgaandelijk aan de BMM te worden meegedeeld.

Voor de aanleg van beschermingsmatrassen op de zeebodem moet de houder verifiëren en certificeren dat alle gekozen componenten zonder gevaar voor enige uitloging kunnen gebruikt worden in het mariene milieu. De samenstelling van de asfaltmatten en kunstmatige erosiebescherming dient ter goedkeuring voorgelegd te worden aan de BMM. Het gebruik van monolieten en metaalslakken is hierbij verboden.

De bouwmaterialen en steenbestorting dienen uit natuurlijke materialen vervaardigd te zijn en zullen geen afvalstoffen of secundaire grondstoffen bevatten. In dit verband wordt verwezen naar de OSPAR Guidelines on artificial reefs (OSPAR, 2012b). Het gebruik van metaalslakken is verboden.

De aanvrager moet alle mogelijke maatregelen nemen om te vermijden dat natte cement of mortel in het mariene milieu terecht komen.

#### 9.3.2.2 Aanbevelingen

Bij de ontmanteling van het park dient er zorg voor gedragen te worden dat de gesloten systemen met SF6 niet beschadigd worden en dat ze ontmanteld worden in een gespecialiseerd bedrijf, zodat geen SF6 in de atmosfeer terecht kan komen.

### 9.4 Monitoring

Er wordt geen monitoring gevraagd voor dit onderdeel.

## 10. Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen

- Het SeaStar projectgebied ligt tussen Lodewijkbank die deel uitmaakt van de Zeelandbanken en de Bligh Bank die deel uitmaakt van de Hinderbanken. Het bodemtype bepaalt welke bodemdiergemeenschappen er voorkomen. Dit kunnen zowel zones met een zeer lage als met een hoge intrinsieke biologische waarde zijn. De precieze locatie en omvang van deze zones is op het moment van deze beoordeling nog niet bekend.
- Het gebied bestaat waarschijnlijk hoofdzakelijk uit zandige bodems met relatief grote korreldiameter. Die herbergen typische offshore *Ophelia limacina* en *Nephtys cirrosa* gemeenschappen, die iets armer zijn dan de kustgemeenschappen. Daarnaast is de kans op dagzomend grind met haar unieke en ecologisch zeer waardevolle fauna in het projectgebied reëel.
- Tijdens de constructiefase zal de ecologische waarde van de natuurlijke benthische biotopen kwalitatief en kwantitatief negatief worden beïnvloed. De impact zal het grootst zijn wanneer gravitaire funderingen worden gebruikt. Hierbij worden grote hoeveelheden zand gebaggerd en opgeslaan. Een opslagdikte van het sediment van 1 m wordt als het meest negatief beoordeeld.
- Voor het leggen van de kabel zal de grootste impact ontstaan indien een sleuf wordt gebaggerd, waarbij eveneens grote volumes zand moeten worden weggehaald, tijdelijk opgeslaan in een stortzone en opnieuw opgebaggerd en gestort. Door het verlies aan zand dat optreedt tijdens de werken, zal voor zowel de funderingen als de kabels zand uit zandwinningsgebieden moeten worden aangevoerd.
- Tijdens de constructiefase kunnen effecten verwacht worden op vislarven, indien er geheid moet worden bij de installatie van monopiles of jacket funderingen.
- Er wordt slechts een tijdelijke verhoging van de turbiditeit verwacht indien resuspensie optreedt van dagzomende of aan het oppervlak gebrachte tertiaire klei.
- Tijdens de exploitatiefase kan een wijziging van de biotoopkwaliteit verwacht worden door het rifeffect, waardoor zich een sterk gemodificeerde fauna zal ontwikkelen. Dit geldt voor zowel de funderingen en de erosiebeschermingslaag errond, als de stenen die zullen worden gestort op de kabels. De lokale diversiteit zal sterk verhogen door begroeiing van de geïntroduceerde harde substraten, die tevens een lokale organische aanrijking en dus biologische verrijking van het natuurlijke zandige substraat zal veroorzaken. Het rifeffect is verder verantwoordelijk voor de aantrekking van heel wat vissen, waaronder steenbolk en kabeljauw, en grotere kreeftachtigen alsook niet inheemse soorten. Het rifeffect wordt het hoogst beoordeeld bij gebruik van gravitaire funderingen.
- Ten slotte wordt het uitsluiten van actieve bodemvisserij in de mogelijk aanwezige grindvelden als ecologisch zeer positief beoordeeld.
- Een leemte in de kennis is het mogelijke belang van de zone als paaiplaats voor haringachtigen, zandspieringen en andere vissoorten.
- De impact van de biotoopverandering zal het gunstigst zijn indien voor de steenbestorting van de erosiebeschermingmaterialen (keien en stenen) gebruikt worden die van nature in de zuidelijk Noordzee voorkomen.

- Het SeaStar project is voor wat betreft de effecten op benthos, epifauna en visgemeenschappen aanvaardbaar voor de alternatieven beschreven in de aanvraag en dit zowel de originele concessie als de mogelijke uitbreiding, mits het naleven een aantal voorwaarden. Wat betreft de te gebruiken technieken is er een voorkeur voor suction bucket en monopile funderingen aangezien deze zowel bij installatie als exploitatie de minste verstoring zullen veroorzaken voor het benthos en de visgemeenschappen.

## 10.1 Inleiding

### 10.1.1 Beschrijving van het projectgebied

Het projectgebied is gelegen in de overgangszone tussen Zeelandbanken en de Hinderbanken en bevindt zich in een geomorfologisch en sedimentair diverse omgeving. Op basis van onderzoek in analoge plaatsen kan verwacht worden dat in het gebied voornamelijk grof zand voorkomt en beperkte zones dagzomend grind (Degraer *et al.*, 2009; Verfaillie *et al.*, 2006) en zelfs tertiaire kleilagen (Van Lancker *et al.*, 2007) die mogelijk dicht onder het oppervlak liggen. In het MER is een ruwe screening uitgevoerd van (delen van) het concessiegebied waarbij geen grindbedden werden vastgesteld. Echter, gezien de ruimtelijke resolutie van deze studie kan hierover geen uitsluitel worden gegeven en kan het voorkomen van natuurlijke grindbedden niet worden uitgesloten. Het gebied wordt daardoor vermoedelijk gekenmerkt door verschillende benthische habitats, waarvan de omvang en de precieze ligging nog niet bekend zijn.

Door deze vermoedelijk hoge diversiteit van het fysische milieu kan potentieel een brede waaier aan bodemfauna voorkomen. In de mobiele sedimenten, die in het gebied zullen aangetroffen worden, zullen zeker twee van de vier in het Belgisch deel van de Noordzee aanwezige macrobenthische gemeenschappen aangetroffen worden, namelijk de typische offshore *Ophelia limacina* en *Nephtys cirrosa* gemeenschappen (Van Hoey *et al.*, 2004). De precieze omvang en het ruimtelijke voorkomen van deze gemeenschappen is niet bekend. De kustnabije *Abra alba* gemeenschap (Degraer *et al.*, 2008) komt waarschijnlijk in het projectgebied niet voor. De mogelijke aanwezigheid van dagzomend grind en stenen leidt dan weer tot een potentiële aanwezigheid van zeer diverse grindbankbodengemeenschappen (Houziaux *et al.*, 2008), die erg waardevolle biotoopelementen vormen in het Belgische deel van de Noordzee.

De demersale visgemeenschappen vertonen over het algemeen een toename in soortenrijkdom van de kust naar de offshore gebieden, terwijl de dichtheid een omgekeerde trend vertoont (De Maersschalk *et al.*, 2006; De Backer *et al.*, 2010). Uit de baseline studie van De Maersschalk *et al.* (2006) bleek de visfauna van de Hinderbanken erg divers te zijn.

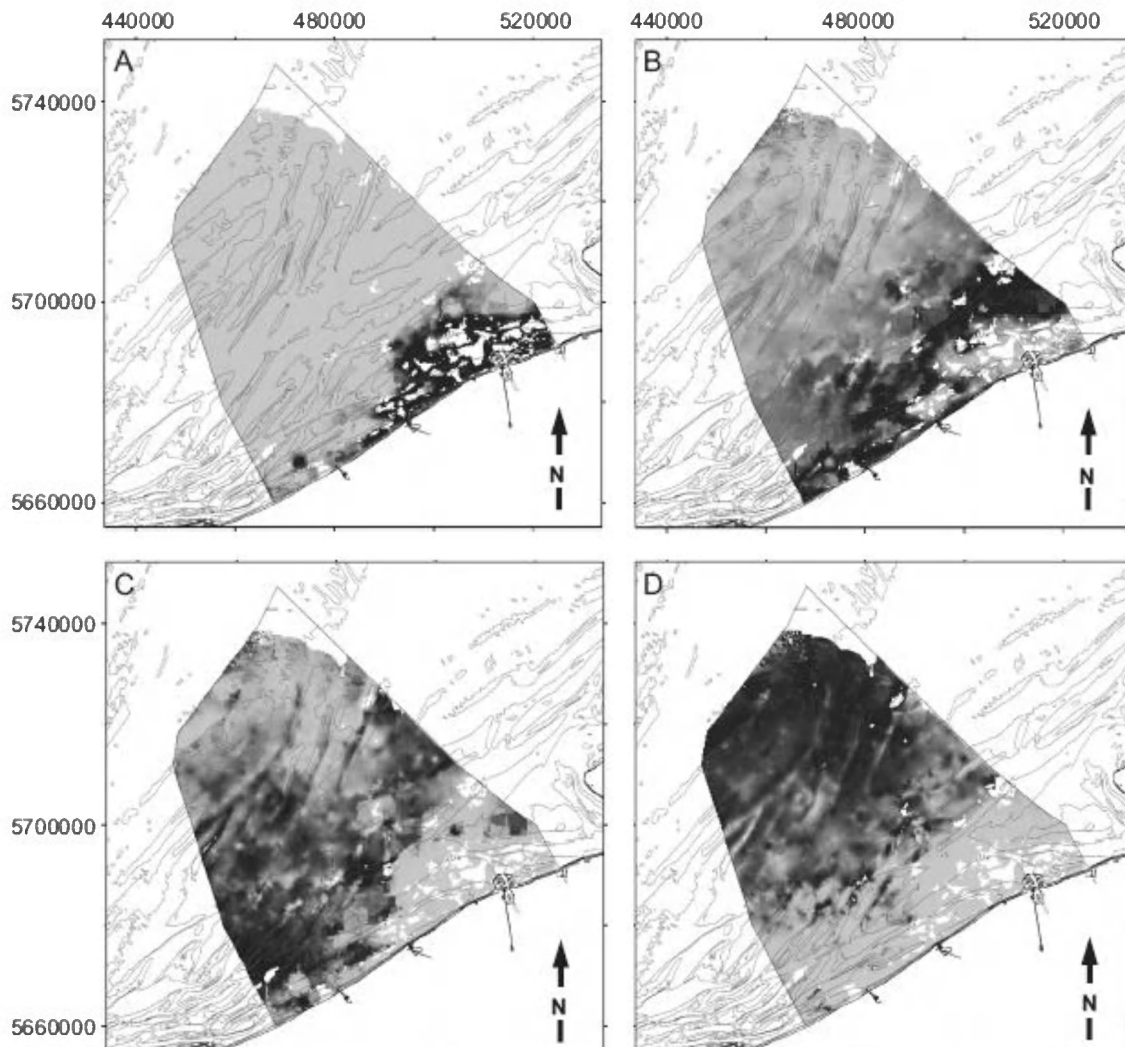
In het concessiegebied van Seastar blijken zones met erg lage tot hoge intrinsieke biologische waarde voor te komen (Deraus *et al.*, 2007).

### 10.1.2 Referentiesituatie benthische habitats

Twee grote types benthische habitats kunnen onderscheiden worden binnen het projectgebied van Seastar: het mobiele, zandige habitat, dat in het projectgebied waarschijnlijk domineert, en het niet-mobiele grindbank- en geconsolideerde kleihabitat, dat mogelijk in beperkte mate aanwezig is.

#### *Mobiel substraat*

In het grootste deel van het gebied kan de soortenarme *N. cirrosa* gemeenschap voorkomen en ook de *O. limacina* gemeenschap die kenmerkend is voor offshore grof zand. De eerder kustgebonden *A. alba* gemeenschap zal vermoedelijk niet aanwezig zijn. Vermoedelijk zal ook de habitatstructurende schelpkokerworm *Lanice conchilega* niet in grote densiteit voorkomen.



10.1 Habitatgeschiktheidskaarten voor de vier in Belgische wateren voorkomende macrobenthosgemeenschappen, zoals voorspeld door Degraer *et al.*, (2008). A, *Macoma balthica* gemeenschap; B, *Abra alba* gemeenschap; C, *Nephtys cirrosa* gemeenschap; D, *Ophelia limacina* gemeenschap. Licht grijs: 0% geschikt → zwart: maximum geschiktheid.

#### *Niet-mobiel substraat*

Waarschijnlijk zullen in het gebied ook beperkte zones met grind voorkomen. Grindzones worden voornamelijk gevonden in de geulen, vaak in combinatie met grof zand en schelpdebris, al dan niet ingebed in een kleimatrix. Dergelijke zones herbergen bijzondere ecologische waarden (Lindeboom *et al.*, 2005). Uit verschillende studies, die met aangepaste technieken in dergelijke zones uitgevoerd werden, blijkt dat ze een rijke fauna herbergen met een hoge soortenrijkdom, zowel wat betreft infauna als epifauna op de stenen (o.a. Dahl en Dahl, 2002; Van Moorsel, 2003; Van Moorsel en Waardenburg, 2001). Die rijke gemeenschappen kunnen zich maar ontwikkelen in het geval dit habitat niet al te sterk aan natuurlijke en/of antropogene verstoring onderhevig is (o.a. bedelving door

zand of bodemberoerende visserijtechnieken). Uit historische gegevens blijkt verder dat de verspreiding van de grindbedden duidelijk gecorreleerd kan worden aan de verspreiding van de Europese oester *Ostrea edulis* (Houziaux *et al.*, 2008), een soort die vroeger ook in het gebied van de Gootebank, gelegen op 10 km ten zuidwesten van de Thorntonbank, voorkwam. Grindzones zullen beperkt zijn in omvang, maar fungeren desondanks mogelijk als belangrijke steppingstones voor soorten van harde substraten.

In de niet-mobiele tertiaire kleilagen kan, wanneer die dagzomen, een unieke gemeenschap voorkomen, van borende tweekleppigen zoals de Witte boormossel *Barnea candida* (Degraer *et al.*, 1999) en de Amerikaanse boormossel *Petricola pholadiformis*, met een dichtheid van enkele 100-en ind./m<sup>2</sup> en een geassocieerde cryptische fauna.

### 10.1.3 Belang van de zone als paaigebied

Het concessiegebied van Seastar maakt deel uit van een zandbankensysteem dat een belangrijk paaigebied zou zijn voor sprat en haring. Haring zet zijn eieren af in grovere zanden. In het verleden zijn enkele traditionele gebieden aangegeven waar de Noordzee haring vroeger paaide (Cushing en Burd, 1957; Postuma *et al.*, 1977, Sips, 1988) maar het blijkt moeilijk op a priori gebieden af te bakenen waar haring ook effectief zal paaieren omdat het aantal paaigebieden afhankelijk is van het voorplantingssucces en de omvang van de stock (Burd, 1985; Corten, 2001). Daarnaast herbergen zuivere mobiele zanden grote populaties van zandspierungachtigen die een voornamelijk rol spelen in de voedselketen en die belangrijk zijn als stapelvoedsel voor zeevogels (o.a. Pearson 1968; Stienen *et al.*, 2000). De eieren van zandspierung zijn bentisch, waardoor de soort gevoelig is voor veranderingen in de zeebodemstructuur, al dan niet ten gevolge van de constructie van windmolens (Anoniem, 2004).

Het effectieve belang van het SeaStar concessiegebied als paaiplaats voor deze soorten is echter nog weinig bekend en dit wordt als een leemte in onze kennis beschouwd.

## 10.2 Te verwachten effecten

### 10.2.1 Constructiefase

#### 10.2.1.1 Biotoopverlies

##### *Funderingen*

Tijdens de plaatsing van de funderingen zullen de activiteiten (verplaatsen en opslag sediment, toepassen grondverbeteringstechnieken bij het maken van funderingsputten) leiden tot een verlies en verandering van biotopen, wat kan leiden tot veranderingen in de bestaande gemeenschappen. Vooral de grindgemeenschappen kunnen zwaar onder druk komen en kunnen verdwijnen of verarmen. Biotoopverlies zal voornamelijk plaatsvinden tijdens de bouwfase, waarbij het oorspronkelijke substraat door artificieel hard substraat wordt vervangen ter hoogte van de voet van de fundering, maar waarbij, vooral in het geval van GBF, heel wat sediment wordt gebaggerd en gestort. Bij het baggeren van sediment moet van een 100% verlies aan organismen in de betreffende zones worden uitgegaan (Newell *et al.*, 1998; Van Dalfsen *et al.*, 2000; Simonini *et al.*, 2007) aangezien het bodemleven zich enkel in de bovenste 10-30 cm van het sediment bevindt, 80% van de fauna zelfs in de bovenste 5 cm en in het geval van niet-mobiele substraten vrijwel volledig op het oppervlak.

Tevens wordt de kans op overleving van macrobenthische organismen op de plaats van storten als nagenoeg onbestaande geschat (Lauwaert *et al.*, 2008). De directe impact op het bodemleven bijgevolg in lineair verband met de verstoorde oppervlakte en zal het hoogst zijn voor de GBF configuratie van 62 GBF funderingen zoals voorzien in Configuratie 1 van het MER (IMDC, 2013a). Voor de opslag van het overschot aan sediment in een laag van 5 m dikte – wat als meest waarschijnlijk wordt aangegeven in het MER – wordt het oppervlakteverlies geschat op  $\pm 0.79 \text{ km}^2$  voor sedimentstockage en het totale oppervlakteverlies bedraagt dan  $2.5 \text{ km}^2$ . Het totale (indirecte en directe) verlies aan benthische biomassa kan bij een dergelijke configuratie oplopen tot ongeveer 7 ton asvrij drooggewicht aan benthische organismen<sup>8</sup>. Bij stockage met 1 m dikte loopt het geschatte totale oppervlakteverlies op tot  $5.6 \text{ km}^2$  en het biomassaverlies tot  $\pm 15 \text{ ton}$ . Dit betekent een verlies van 30% ten opzichte van de concessiezone. De totale geschatte standing stock in het BDNZ bedraagt 20 000 ton (afgeleid uit Degraer en Vincx, 1995)

Voor wat betreft de biotoopverstoring ten gevolge van de plaatsing van funderingen wordt dan ook bij voorkeur geopteerd voor een minimale verstoorde oppervlakte, zoals voorgesteld in de configuraties met monopile funderingen met dynamische erosiebescherming en, wanneer dit praktisch niet haalbaar blijkt, de configuraties met jacket funderingen.

#### *Kabels- Resuspensie en depositie van fijne sedimenten*

Het kabeltraject loopt van het windmolenpark naar het geplande Alfa-eiland van Elia. In de vergunningsaanvraag wordt enkel een scenario vermeldt waarbij 3 a 5 kabels van het park naar het Alfa-eiland lopen, met een totale afstand van 5 km. De kabels zullen de telecom kabel SeaMeWE3 en de Interconnector pijpleiding te kruisen. Dit houdt in dat de kabels aan het oppervlak dienen te komen en een aanzienlijk grindbed dient te worden aangelegd als erosiebescherming. Op andere plaatsen zal de kabel worden ingegraven in de zeebodem op een diepte van 1.5 m. De methodiek die hiervoor zal worden gebruikt zal afhangen van de ondergrond. In het addendum aan de MER worden zowel jetting, ploegen als trenchen als mogelijk aanzien (IMDC, 2013d).

De impact van ploegen en jetten wordt geacht beperkt te zijn. Per kabel zal met deze technieken een breedte van 5 m worden verstoord, wat neerkomt in een maximale verstoring van het bodemoppervlak van  $0.125 \text{ km}^2$  in het scenario met 5 kabels. Er kan een tijdelijk verhoging van turbiditeit worden verwacht, maar deze zou beperkt blijven in tijd en omvang. Door het dynamische karakter van het gebied, zouden sporen van jetting maar enkele tientallen dagen zichtbaar blijven (BMM, 2007).

De impact van trenchen is veel groter. De verstoorde breedte aan het sedimentoppervlak, waar de meeste benthische dieren voorkomen, bedraagt 20 m. Hierdoor wordt een oppervlak verstoord van maximaal  $0.5 \text{ km}^2$ . Daarenboven dient ook een stockageplaats te worden aangeduid waar het gebaggerde materiaal tijdelijk kan worden opgeslagen. Ook hier zal alle bodemleven gedood worden (Lauwaert *et al.*, 2008). De oppervlakte hiervan zal respectievelijk ongeveer  $0.06 \text{ km}^2$  bedragen indien een opslagdikte van 5 m wordt gehanteerd, en  $0.32 \text{ km}^2$  bij een opslagdikte van 1 m. Daarbij komt dat door de verliezen die optreden bij het baggeren en storten (geschat op 30% per activiteit) nog extra sediment zal moeten worden gewonnen om de gebaggerde zone terug op te vullen.

---

<sup>8</sup> Deze schattingen gaan uit van een gemiddelde benthische biomassa van  $2.64 \text{ g}$  asvrij drooggewicht per  $\text{m}^2$  (De Maersschalk *et al.*, 2006), die inderdaad typisch is voor de offshore macrobenthos gemeenschappen (Degraer & Vincx, 1995).

In de onderstaande Tabel 10.1 wordt een overzicht gegeven van de verstoorde oppervlaktes voor de verschillende technieken, en het verlies aan benthos uitgedrukt in aantal ton asvrij drooggewicht (ADW).

Tabel 101: De verstoorde oppervlaktes (in km<sup>2</sup>) en verlies aan benthos (in ton ADW)

Methodiek	Directe verstoring (km <sup>2</sup> )	Indirecte verstoring (km <sup>2</sup> )		Maximale totale verstoring (km <sup>2</sup> )	Biomassa benthos (ton ADW)
		1 m	5 m		
Jetting / Ploegen	0.13	Nvt	Nvt	0.13	0.35
Trenchen	0.50	0.32	0.06	0.82	2.30

#### 10.2.1.2 Resuspensie en depositie fijne sedimenten

In het gebied komt tertiaire klei voor, dat kan dagzomen, maar de omvang en diepte onder de deklaag zijn niet bekend. Door de baggeractiviteiten, noodzakelijk voor de installatie van gravitaire funderingen en eventueel het leggen van de kabels, kunnen kleiballen vrijkomen en kan meer klei permanent dagzomen dat mogelijk aan de oppervlakte kan eroderen. Deze situatie kan een bron van slib vormen hoewel een langdurige verhoging van de turbiditeit uitgesloten lijkt (IMDC, 2012b en c). Het blijkt dat gemaakte putten in de zeebodem zich moeilijk opvullen (Van den Eynde *et al.*, 2010; Degrendele *et al.*, 2010). In deze putten kan zich een min of meer permanente sliblaag afzetten die de benthische organismen verstikt en zorgt voor een verarming van de fauna (e.g. Bonne, 2003; Vanaverbeke *et al.*, 2007). Ook duinen ontstaan door de opslag van zand blijken voor lange tijd aanwezig te blijven (IMDC, 2012a).

#### 10.2.1.3 Trillingen en geluid

Het heien van de palen (monopile of jacket fundering) zou ernstige gevolgen kunnen hebben voor de lokale fauna. Studies gericht op zeezoogdieren, maar evenzeer op vissen wijzen op gedragsstoornissen en fysiologische stress (zie oa. Mueller-Blenkle *et al.*, 2010 voor tong en kabeljauw). Hoewel er meer en meer onderzoek gebeurt naar de effecten van geluid op vissen bestaat er nog onvoldoende kennis om de impact van heien en andere bronnen van antropogeen geluid op vissen betrouwbaar te kunnen kwantificeren (Popper en Hastings, 2009). Sommige studies rapporteren verminderde groei en levensvatbaarheid tot directe sterfte van viseieren en vislarven (zie Popper en Hastings, 2009). Dit heeft gevolgen voor het transport van vislarven van paaigronden naar gebieden met een kinderkamerfunctie. Het effect van geluid op organismen is echter contextafhankelijk: de intensiteit, frequentie en continuïteit van het geluid, de weerstand van de omgeving, de windrichting en de soortspecifieke eigenschappen zijn hierbij doorslaggevend. In een recent Nederlands onderzoek (Bolle *et al.*, 2011; 2013b), waarbij tijdens experimenten verschillende ontwikkelingsstadia blootgesteld werden aan verschillende niveaus en duur van heigeluid, werden geen significante effecten gevonden op larven van tong *Solea solea*. Verder onderzoek op soorten die (in tegenstelling tot tong) hun zwemblaas permanent behouden, zal moeten uitwijzen of dit ook het geval is voor deze vissoorten.



## 10.2.2 Exploitatiefase

### 10.2.2.1 Uitsluiten (bodemberoerende) visserij

Wegens de kans op schade aan de windmoleninfrastructuur wordt actieve (bodemberoerende) visserij in offshore windmolenparken in België voorlopig uitgesloten. Bijgevolg ontstaat een zone waarin de fauna van de oorspronkelijke substraten zich kan ontwikkelen zonder de frequente verstoring van o.a. de boomkorvisserij. Aangezien de typische benthische offshore *N. cirrosa* en *O. limacina* gemeenschappen, die in pure fijn tot grofzandige sedimenten voorkomen (Van Hoey *et al.*, 2004), vrij goed zijn aangepast aan natuurlijke bodemverstoring, wordt de bijkomende impact als gevolg van boomkorvisserij als ecologisch minder significant beoordeeld. Echter, het waarnemen van significante effecten wordt in deze habitats bemoeilijkt door de grote ruimtelijke variabiliteit in het benthos in aanwezigheid van megaribbels (Lindeboom en de Groot, 1998)

Hoewel minder waarschijnlijk zou ook een belangrijke ecologische successie kunnen worden opgestart ter hoogte van de mogelijk aanwezige dagzomende grindvelden, indien deze althans niet teveel beschadigd werden tijdens de constructie. Hierdoor zouden belangrijke inzichten in het herstel van de hiermee geassocieerde gemeenschap kunnen worden verworven (Degraer *et al.*, 2009). Het voorbereidend grondonderzoek zal uitwijzen of dagzomend grind aanwezig is in het projectgebied en wat de omvang ervan is.

Het is niet bekend of de pure zanden die in het gebied voorkomen, gebruikt worden als paaigebied voor haring of zandspiering. De afwezigheid van verstoring zou in dat geval ook gunstig zijn voor de populatie van deze soorten en ook dit zou nagegaan moeten worden.

### 10.2.2.2 Introductie artificieel hard substraat

#### *Oppervlakte aan hard substraat*

De introductie van artificiële harde substraten in een waarschijnlijk overwegend zandige biotoop zorgt voor een verhoogde habitatdiversiteit. De gevolgen van de introductie wordt het “rifeffect” genoemd (Petersen en Malm, 2006). De oppervlakte artificieel hard substraat aan funderingen en erosiebescherming errond, beschikbaar voor kolonisatie in het SeaStar windmolenpark zal variëren van 69.500 m<sup>2</sup> tot 277.000<sup>9</sup> m<sup>2</sup>, naargelang de gekozen varianten. Binnen elk scenario is de oppervlakte aan hard substraat ongeveer drie keer groter indien gekozen zou worden voor scenario's met gravitaire funderingen t.o.v. monopile funderingen.

Daarnaast wordt ook voorzien dat een groot oppervlak aan hard substraat wordt aangebracht ter bescherming van de kabels die de Interconnector pijpleiding en de SeaMeWe3 telecomkabel zullen kruisen. De maximale oppervlakte aan hard substraat bedraagt 30.000 m<sup>2</sup>, waarbij de stenen in laagdikte van 1 m worden gestort. Deze oppervlakte komt overeen met 13.4 keer de erosiebeschermingslaag van een GBF. Een deel van de erosiebeschermingslaag zal vermoedelijk verzanden. Uit de vergunningsaanvraag blijkt dat er in het gebied reeds artificiële harde substraten aanwezig zijn als bescherming van de gasleiding. Het is echter onbekend of en in welke mate deze

<sup>9</sup> In deze berekeningen wordt de oppervlakte van de erosiebescherming 1:1 gelijkgesteld met de koloniseerbare oppervlakte hetgeen, gezien het drie-dimensioneel karakter van dit substraat, resulteert in een systematische gevoelige onderschatting van de werkelijke koloniseerbare oppervlakte.

erosiebeschermingslaag verzand is. De stenen die boven het zachte sediment uitsteken kunnen worden gekoloniseerd door fouling organismen en kan vermoedelijk als habitat gebruikt worden door vissen en grotere invertebraten, zoals krabben en kreeften (Krone *et al.*, 2013). De complexiteit en de aard van de ondergrond bepalen in belangrijke mate het soort organismen die op het hard substraat kunnen groeien en deze die bescherming en voedsel in/op het kunstrijf kunnen vinden.

#### *Impact van de introductie van harde substraten*

Op de geïntroduceerde harde substraten treedt er een plaatselijke verhoging op van de productiviteit en de diversiteit (van Moorsel en Waardenburg, 2001, Orejas *et al.*, 2005). De harde substraten in de intergetijdenzone vormen een van nature onbestaande biotoop in de offshore zone van de Noordzee. In deze zone wordt bijgevolg een erg specifieke gemeenschap voor artificiële harde substraten aangetroffen (Kerckhof *et al.*, 2010a en b, 2011, 2012) waarin vooral het aandeel niet-inheemse soorten – introducties uit andere oceanen en soorten van zuidelijke rotskusten waarvan het areaal zich naar het noorden uitbreidt – hoog blijkt te zijn (Kerckhof *et al.*, 2011). In de offshore intertidale zone is het aandeel geïntroduceerde soorten vergelijkbaar met of hoger dan die op artificiële harde substraten uit de kustzone (Kerckhof *et al.*, 2007, Kerckhof *et al.*, 2011). Hieruit kan worden afgeleid dat de verspreiding en de blijvende vestiging van niet-inheemse soorten bevordert wordt door het stapsteeneffect, gecreëerd door de aanleg van de windmolenparken in de zuidelijke Noordzee. In het subtidaal is het aantal geïntroduceerde soorten veel lager (Kerckhof *et al.*, 2012) en werden er tot nu toe maar twee soorten, het muiltje *Crepidula fornicata* en het mosdiertje *Fenestrulina delicia* aangetroffen (Francis Kerckhof, ongepubliceerd) in het BDNZ. De litorale (getijdenzone) zone wordt gekenmerkt door een gemeenschap van mosselen en zeepokken (Connor *et al.*, 2004, Kerckhof *et al.*, 2011).

Ook de subtidale foulinggemeenschappen blijken te verschillen van natuurlijke harde substraten. Waarschijnlijk zal de aangroei op de verticale subtidale delen van het Seastar windmolenpark analoog verlopen als die op de al geïnstalleerde parken (Kerckhof *et al.*, 2012) en vergelijkbaar zijn met die op andere artificiële structuren in de zuidelijke Noordzee zoals wrakken (Zintzen, 2007; Van Moorsel *et al.*, 1991). Kenmerkend op dergelijke artificiële structuren is een grote ruimtelijke heterogeniteit, met een aantal associaties waarvan de *Metridium senile* biotoop (Connor *et al.*, 2004) het eindpunt is.

De begroeiing van de artificiële harde substraten zorgt voor een lokaal sterk verhoogde productie van en concentratie aan organisch materiaal (Kerckhof *et al.*, 2010b). Deze verhoogde concentratie zorgt bij afzetting (bv. na sterfte en als faecale pellets) voor een lokale organische aanrijking van het natuurlijke zachte substraat, waardoor fijnere sedimenten met een rijkere macrobenthische fauna nabij de harde substraten worden gevonden (Coates *et al.*, 2011, 2012). Deze rijkere fauna omvat onder andere de borstelwormen *Lanice conchilega* en *Spiophanes bombyx*, twee soorten dominant binnen de *A. alba* gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004). Lokaal kan dan ook een verschuiving van de natuurlijke en armere *N. cirrosa* gemeenschap naar de *A. alba* gemeenschap worden verwacht (Coates *et al.*, 2012). Er wordt verwacht dat de omvang (hoeveelheid organisch materiaal én aangetaste oppervlakte) van deze impact afhankelijk zal zijn van de totale oppervlakte aan hard substraat en zodoende het grootst zal zijn indien gebruik zou worden gemaakt van een groot aantal gravitaire funderingen (bv. configuratie 1 met 62 GBF).

De artificiële harde substraten dienen verder als schuilplaats en foerageergebied voor heel wat mobiele organismen, waaronder vissoorten, zoals kabeljauw *Gadus morhua* en steenbol *Trisopterus luscus* (Reubens *et al.*, 2009, 2011 a) en grote kreeftachtigen, zoals noordzeekrab *Cancer pagurus*, kreeft *Homarus gammarus*, fluwelen zwemkrab *Necora puber* (Francis Kerckhof ongepubliceerde

gegevens, Krone *et al.*, 2013). De vissen voeden zich in hoofdzaak met de rijke fauna, groeiend op de artificiële harde structuren waaronder de porseleinkrab *Pisidia longicornis* en het vlokreeftje *Jassa herdmani* – twee soorten die dominant aanwezig zijn (Kerckhof *et al.*, 2010a, Kerckhof *et al.*, 2012) – en hadden een beter dan gemiddelde conditie (Schaeck, 2011). Een belangrijk deel van deze vissen blijkt trouwens vrij trouw in de buurt van de windmolens te blijven. Zo werden afzonderlijk opgevolgde individuen tot 85 dagen (nagenoeg) continu nabij één en dezelfde fundering waargenomen (Reubens *et al.*, 2011b). Alhoewel sterk individu-afhankelijk vertonen heel wat vissen een dag-nacht patroon in hun ruimtelijke verspreiding, waarbij de vissen zich dichtbij het omringende zachte substraat bevinden bij dag en bij nacht meer ter hoogte van de erosiebeschermingslaag. Het is echter nog steeds onduidelijk in hoeverre de productiviteit van de vissen, aangetrokken tot de artificiële structuren, verhoogt door het verhoogde voedselaanbod, dan wel verlaagt door de drastisch verhoogde competitie voor voedsel. In het buitenland werd verder reeds aangetoond dat een toename in aantallen vissen rond boorplatformen in de Noordzee gepaard gaat met een daling in aantallen in de ruimere omgeving van deze installaties (Fujii, 2012). De introductie van harde substraten kan gunstig geëvalueerd worden omdat zich nieuwe soorten zullen vestigen en verschillende soorten in verhoogde aantallen en biomassa aanwezig zullen zijn. Anderzijds kan dit ook zorgen voor een negatief effect door de mogelijke toename van niet-inheemse soorten die in concurrentie treden met (eventueel commercieel interessante) inheemse soorten. Het blijft een leemte in de kennis of de lokaal verhoogde aantallen vis een versterking dan wel een verzwakking van de visstock in de bredere omgeving betekenen.

### 10.2.3 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen voor wat betreft biotoopverlies en resuspensie van fijne sedimenten, vermoedelijk gelijkaardig zijn aan die tijdens de bouwphase. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden bij de verwijdering van de funderingen en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de effecten van eventueel verhoogd onderwatergeluid op het mariene leven. Na de afbraakfase dient nagegaan te worden of er zich al dan niet een terugkeer zal voordoen naar de initiële situatie.

### 10.2.4 Cumulatieve effecten

Na de realisatie zal het Seastar windmolen park bijdragen tot de cumulatieve effecten in de hele zone voorzien voor windenergie en bij uitbreiding in de hele zuidelijk Noordzee waar grote gebieden aangeduid zijn voor windmolenparken op zee. Cumulatieve effecten zullen vooral optreden tijdens de exploitatiefase. De toename aan artificieel hard substraat is een van de belangrijkste effecten met een versterking van het zogenaamde rifeffect. In de getijdenzone – een zone die vroeger niet in open zee voorkwam – zal een toename van niet-inheemse soorten en een toename aan inheemse mosselen *Mytilus edulis* optreden. Dit kan leiden tot een “Mytilisering” van de Noordzee, die in een later stadium zou kunnen overgaan in een “veroestering” als de populatie van de niet-inheemse oester *Crassostrea gigas* zich verder ontwikkelt. Daarnaast zijn ook de gevolgen (na herstel van de impact als gevolg van de installatiewerken) van de sluiting van het gebied voor bodemversturende visserij op bepaalde vissoorten en bentische habitats cumulatief.

## 10.3 Besluit

### 10.3.1 Aanvaardbaarheid

De relatieve impact van de activiteit op het gehele BDNZ kan waarschijnlijk als niet significant

beoordeeld worden. Omwille van de impact op het benthos aanwezig in het projectgebied wordt stockage van het sediment in een laag met dikte van 1 meter of minder niet toegelaten. Voorafgaand aan de werken moet de vergunninghouder contact opnemen met de BMM die, op basis van de concrete bouwplannen en de gegevens van het grondonderzoek, zal bepalen waar en hoe het uitgegraven materiaal gestockeerd en gestort zal worden. Met uitzondering van het voorafgaande is het project voor wat betreft de effecten op macrobenthos, epifauna en visgemeenschappen aanvaardbaar en dit voor alle funderingstypes, inrichtingsvarianten en mogelijke uitbreidingen voorgesteld in het MER (IMDC, 2013a), mits het naleven van al de hieronder staande voorwaarden. De variante met GBF's scoort echter significant ongunstiger vanwege de merkelijk grotere milieu-impact.

### 10.3.2 Voorwaarden en aanbevelingen

#### *Beperking geïmpacteerde oppervlakte tijdens constructiefase*

Om een maximale overleving van het bodemleven tijdens de constructiewerkzaamheden te verzekeren wordt aanbevolen om de verstoorde oppervlakte (door baggeren, storten en plaatsing van de funderingen) tot een minimum te beperken. Dit kan in eerste instantie door te kiezen voor monopiles met dynamische erosiebescherming of jacket funderingen, en het gebaggerde zand met een laagdikte van 5 m op te slaan en voor het leggen van de kabels gebruik te maken van jetting of ploegen.

Een minimaal verstoord oppervlak zal er tevens toe bijdragen dat de kans op schade aan eventueel aanwezige grindbedden tot een minimum wordt beperkt. Voorafgaand aan de werkzaamheden wordt een detailonderzoek naar de verspreiding van dagzomend grind in het gebied uitgevoerd, zodat een verstoring van deze plaatsen – indien aanwezig – maximaal vermeden kan worden.

Ten slotte verzekert een minimale oppervlakte aan gebaggerd bodemsubstraat een minimale vrijzetting van tertiaire kleiballen. Hierdoor zal ook de (mogelijk langdurige) verhoging van de turbiditeit in het projectgebied en eventueel daarbuiten geminimaliseerd worden.

#### *Bewaring bodemkwaliteit*

Na uitvoering van de werken tijdens de constructiefase is een herstel van de site gewenst. Dit herstel impliceert een maximaal herstel van de natuurlijke geomorfologie tussen de funderingen, maar evenzeer het herstel van de sedimentsamenstelling van de oppervlakkige sedimenten. Met andere woorden: zowel het bodemprofiel als de sedimentsamenstelling moet na uitvoering van de werken zo goed als technisch mogelijk in de oorspronkelijke toestand teruggebracht worden. Dit geldt tevens en vooral voor het eventueel opnieuw afdekken van eventueel tijdens de werken blootgelegde tertiaire kleilagen. Op deze manier wordt het milieu tussen de funderingen in de oorspronkelijke, natuurlijke conditie gebracht, waardoor het herstel van de oorspronkelijke bodemgemeenschappen optimaal wordt gefaciliteerd.

#### *Introductie artificieel hard substraat*

Aangezien, als gevolg van de toegenomen aanwezigheid van artificiële harde substraten, een merkelijke toename van niet-inheemse soorten wordt verwacht dient de introductie van harde substraten tot het minimum te worden beperkt. Verder dienen voor de erosiebescherming uitsluitend natuurlijke materialen gebruikt te worden. Bij de ontmanteling dient ook de erosiebescherming, indien gebruikt, verwijderd te worden.

### 10.3.2.1 Voorwaarden

Voorbereidend grondonderzoek dient uit te wijzen of dagzomend grind aanwezig is in het projectgebied en wat de omvang ervan is. De resultaten van het onderzoek dienen voorafgaand aan de start van de werken aan de BMM overgemaakt te worden. Op basis hiervan zal beslist worden of het deel van de monitoring gericht op dagzomend grind al dan niet moet worden uitgevoerd.

Voorafgaand aan de werken moet de vergunninghouder contact opnemen met de BMM die, op basis van de concrete bouwplannen en de gegevens van het grondonderzoek, zal bepalen waar en hoe het uitgegraven materiaal gestockeerd en gestort zal worden.

Voor zover technisch mogelijk dient de erosiebescherming (ook ter hoogte van de kruisingen met de Interconnector aardgasleiding en SeaMeWE3 kabel) te bestaan uit natuurlijk grind en keien (silex).

Indien de houder het nodig acht eventuele aangroei te verwijderen dan mogen hiervoor geen chemische producten gebruikt worden. De BMM geeft, na de optie niets doen, de voorkeur aan mechanische verwijdering. Indien de houder de aangroei wenst te verwijderen, om welke redenen ook, dient dit 1 maand voorafgaandelijk aan de BMM te worden meegedeeld.

Bij de ontmanteling dienen alle aangebrachte constructies, inclusief de erosiebescherming indien gebruikt, verwijderd te worden.

Na beëindiging van de constructiefase is een maximaal herstel van de site vereist. De vergunninghouder dient aan te tonen dat eventueel tijdens de werken blootgelegde tertiaire kleilagen opnieuw werden afgedekt.

De houder moet de BMM jaarlijks op de hoogte brengen van de afmetingen, locatie en samenstelling van de erosiebescherming in het concessiegebied en langs het kabeltracé.

### 10.3.2.2 Aanbevelingen

Om een maximale overleving en minimale verstoring van het bodemleven tijdens de constructiewerkzaamheden te verzekeren is het aanbevolen om de verstoorte oppervlakte (door baggeren, storten en plaatsing van de funderingen) tot een minimum te beperken.

## 10.4 Monitoring

De monitoring moet het mogelijk maken om eventuele veranderingen in het onderwaterleven als gevolg van de inplanting van een windmolenpark te kunnen detecteren en te kunnen vergelijken met andere projecten en gebieden. Opdat eventuele permanente veranderingen zouden kunnen vastgesteld worden, is een grondige en voldoende lange monitoring van de diverse gemeenschappen noodzakelijk. Aangezien in het verleden weinig onderzoek gebeurde in het projectgebied, is het aangewezen om de referentietoestand zo goed mogelijk te inventariseren, en een inzicht in de bestaande variatie aan onderwaterleven te krijgen. Met deze referentiegegevens kunnen eventuele veranderingen als gevolg van de aanleg van het windmolenpark beoordeeld worden. De te verwachten effecten zijn sterk afhankelijk van de uiteindelijke keuze van funderingstypes en installatietechnieken. Verschillende onderdelen van de onderstaande monitoring zijn opgesteld om de effecten van specifieke funderingstypes en installatietechnieken te onderzoeken en de uitvoering van deze onderdelen is dan ook afhankelijk van de uiteindelijke invulling van het Seastar project. Dit

onderzoek sluit aan bij het bestaande onderzoek naar harde substraten, macrobenthos, epibenthos en visfauna en de onderstaande inspanningen zullen dus zo efficiënt mogelijk gedeeld worden over de verschillende windmolenparken en concessiehouders.

#### 10.4.1 Kolonisatie en successie artificieel hard substraat

Door de introductie van artificiële harde substraten in een waarschijnlijk overwegend zandige omgeving wordt een nieuwe biotoop geïntroduceerd, waaronder een intertidale zone, die normaal niet offshore voorkomt. Dit heeft als gevolg dat zich op de structuren nieuwe soorten vestigen in een gemeenschap typisch voor artificiële harde substraten. In eerste instantie is er op de harde substraten een kolonisatiefase. Geleidelijk aan ontstaat, na een successiefase, een climaxgemeenschap. Daarin is een evenwicht ontstaan tussen de voorkomende organismen en de opeenvolging van de ene gemeenschap door de andere. Gelijklopend met de kolonisatie door epifauna worden ook vissen, zoals steenbolk en kabeljauw, en grotere epibenthische organismen, zoals kreeften, tot de harde substraten aangetrokken. Alle soorten samen vormen een karakteristieke gemeenschap, geassocieerd met de artificiële harde substraten. Er zijn echter indicaties dat deze gemeenschap verschillend is van die van natuurlijke harde substraten. Vooral het aandeel niet-inheemse soorten – introducties uit andere oceanen en soorten van zuidelijke rotskusten waarvan het areaal zich naar het noorden uitbreidt – blijkt hoog te zijn (Kerckhof *et al.*, 2011). Omdat er in het BDNZ meer en meer artificiële substraten geïntroduceerd worden, dient ook het eventuele stapsteeneffect ten aanzien van de introductie van niet-inheemse soorten onderzocht te worden. Verder wordt ook verwacht dat de koloniserende visfauna kenmerken van zowel de zachte substraten gemeenschap als de rotskustgemeenschap vertoont.

Het onderzoek van de artificiële harde substraten moet gericht zijn op de vestiging, de ontwikkeling en de aard (niet-inheems, inheems) van de organismen op en rond de nieuwe structuren en naar specifieke soorten, die een indicatie kunnen geven van de gezondheidstoestand van de habitat.

Op de bestaande windmolens zijn drie habitats te onderscheiden: de erosiebescherming rond de fundering van de windmolen (HARD ER), de fundering subtidaal (HARD SUB) en de fundering intertidaal (HARD INT), die alle drie onderzocht moeten worden.

De staalname van de epifauna (HARD SUB) gebeurt bij voorkeur door middel van een ijzeren frame met een staalname oppervlak van 25 cm x 25 cm, en een opvangnet. Daarnaast dienen ook onderwaterfoto's en eventueel video-opnames gemaakt te worden. Per kwadrant bepaalt men de abundantie van de mobiele organismen en de bedekkingsgraad van de sessiele organismen met een daarvoor geschikte schaal bv de SACFOR schaal (JNCC, 2012). Bij de intertidale staalname (HARD INT) is het gebruik van een staalnameframe praktisch niet mogelijk en daar gebeurt de staalname door het afschrapen van een deel van de aangroei. Alternatieve technieken van bemonstering van de aangroei kunnen toegepast worden als blijkt dat deze goede resultaten opleveren. De ISO 19493:2007 norm *Waterkwaliteit - Richtlijn voor marien biologisch onderzoek van litorale en sublitorale verharde bodem* biedt nuttige richtlijnen voor het uitvoeren van de bemonstering en dient zoveel mogelijk gevolgd te worden.

Naast de kwantitatieve bemonsteringen dienen ook kwalitatieve opnames te gebeuren met duikers die op geregelde tijdstippen een totaalopname maken van de evolutie van de gemeenschappen.

Gezien hun hoge mobiliteit en veelal lage dichtheden kunnen de visfauna en grotere epibenthische organismen moeilijk via standaard staalnametechnieken worden gekwantificeerd. Om een zo volledig mogelijk beeld van deze component van de harde substratenfauna te verkrijgen, moeten daarom

verschillende onderzoekstechnieken worden gecombineerd. Deze technieken omvatten: onderwater video-opnames (te combineren met de video-opnames voor de epifauna), lijnvissen en passieve vistechieken, zoals fuiken.

Voor de aangroei op de erosiebescherming (HARD ER) wordt er voorgesteld om 3 maal per jaar (winter (februari - maart) – zomer (juli - augustus) – herfst (oktober)) een staalname uit te voeren op de verschillende types windmolens aanwezig op het BDNZ gespreid over een gradiënt van de meer kustnabije parken tot de verder offshore gesitueerde parken. De staalname zou kunnen bestaan uit het nemen van drie replica's (stenen) van de erosiebescherming van één windmolen drie maal per jaar. Dit kan aangevuld worden met video transectopnames. Eventueel kan de staalnamefrequentie en het aantal stalen later aangepast worden, bijvoorbeeld na het bereiken van de climaxgemeenschap.

Voor de aangroei op de palen subtidaal (HARD SUB) en intertidaal (HARD INT) wordt voorgesteld om drie maal per jaar drie stalen (i.e. replica's) op één representatieve waterdiepte te verzamelen op minimaal één windmolen (aangroei subtidaal) en om drie maal per jaar twee stalen (mossel – zeepokkenzone) uit te voeren op minimaal één windmolen (aangroei intertidaal). Dit alles in combinatie met (onderwater) video-opnames langsheen de subtidale gradiënt om de representativiteit van de stalen na te gaan.

Een detailopname van de visfauna en grotere epibenthische organismen (HARD VIS) dient één maal per jaar nabij minimaal één windmolen van elk verschillend funderingstype te worden uitgevoerd en gebeurt bij voorkeur tijdens de zomer. In het kader van deze monitoring kunnen passieve vistechieken, zoals fuiken, gebruikt worden om een populatie-analyse uit te voeren op deze laatstgenoemde soorten.

De ontwikkeling van de diergemeenschappen op de nieuwe grind- en stenenbedden ter hoogte van de kruising van de verbindingskabels met de Interconnector dient opgevolgd te worden met een combinatie van technieken (HARD KAB). Enerzijds dienen stenen te worden verzameld, om zo een gedetailleerd beeld te verkrijgen van de fouling gemeenschap die zich op het harde substraat ontwikkelt. Dit dient te worden gecombineerd met onderwater video-opnames en fotografie om een ruimer beeld van de epibenthische gemeenschap te verkrijgen (patchiness van voorkomen, bedekking door vastzittende soorten, opsporen van zeldzamere (weliswaar grotere) soorten) en om een beeld te krijgen van het gebruik van de riffen door grotere mobiele soorten zoals vissen en grotere kreeftachtigen. In het kader van deze monitoring kunnen passieve vistechieken, zoals fuiken, gebruikt worden om een populatie-analyse uit te voeren op deze laatstgenoemde soorten.

Een bemonsteringsfrequentie van minimaal één maal per jaar, afgestemd op de monitoring van de windparken, dient te worden nagestreefd.

#### 10.4.2 Ontwikkeling natuurlijke zacht substraat fauna (macrobenthos, epibenthos en demersale en benthische vissen) in windmolenzone

Als gecombineerd gevolg van onder andere de (lokale) organische aanrijking ten gevolge van de begroeiing van de windmolenfunderingen en een eventueel verhoogde turbiditeit, worden veranderingen in het natuurlijke zachte substraten bodemleven verwacht. Er worden wijzigingen in de typische offshore *N. cirrosa* en *O. limacina* biotopen verwacht. De opvolging van de langetermijn ontwikkeling zal inzicht verschaffen in het geïntegreerde effect van het offshore windmolenpark op de fauna van zandige substraten.

Net zoals bij de basismonitoring van de andere windmolenparken wordt hier een BeforeAfter Control Impact (BACI; Smith, 2002) design voorgesteld. Hierbij wordt het resulterende milieueffect afgeleid uit de vergelijking tussen de situatie vóór en na de bouw van het windmolenpark, alsook tussen de impactzone en een referentiezone.

Voorafgaand aan de werkzaamheden (T-1 = referentiesituatie) wordt de fauna van de referentie- en impactzone gedetailleerd bemonsterd (random bemonstering), waarbij macrobenthosstalen ecologisch zo wijd verbreid als mogelijk worden verzameld (= stratified random bemonstering); dit zowel in het referentiegebied als de impactzone. Op basis van deze gegevens wordt een selectie van stations in referentie- en impactzone voor verdere opvolging van het macrobenthos tijdens de constructie- en exploitatiefase gemaakt (T0+ = tijdsreeks vaste stations, gerepliceerd). Bij deze selectie wordt rekening gehouden met de ecologische variabiliteit in het projectgebied (cfr. biotopen). Naast het macrobenthos worden ook het epibenthos, als demersale, benthische en bentho-pelagische vissen opgevolgd. Hiertoe worden vistracks jaarlijks bemonsterd.

De staalname van alle benthische ecosysteemcomponenten vindt *idealiter* plaats in het najaar (half september – half november). Om een beeld te krijgen van de lange termijn veranderingen wordt deze staalname *idealiter* verder gezet over de hele periode van de activiteit. Op te meten responsvariabelen zijn: soortenrijkdom, dichtheid en biomassa. Op te meten verklarende variabelen omvatten minstens de sedimentsamenstelling en het gehalte organisch materiaal in de bodem. Om de vergelijkbaarheid van de data afkomstig van de monitoring van alle windmolenparken in het BDNZ te garanderen, worden dezelfde staalname- en verwerkingstechniek als deze toegepast in de andere windmolenparken geadviseerd. Voor details: zie Degraer *et al.*, (2010).

Naast een algemene beschrijving van waargenomen veranderingen wordt de ecologische significantie van de veranderingen ingeschat aan de hand van milieukwaliteitsindicatoren, zoals de Benthos EcosystemQuality Index (BEQI; Van Hoey *et al.*, 2007). Een geïntegreerde analyse van de macrobenthos-, epibenthos- en visgegevens moet finaal toelaten hypothesen betreffende de functionele samenhang van de fauna van de natuurlijke zachte substraten en meer specifiek de geïntegreerde impact van het offshore windmolenpark hierop te evalueren.

#### 10.4.3 Impact van heien op fauna, o.a. commercieel belangrijke vis(larven)

Wanneer gekozen wordt voor het heien van funderingspalen (i.e. monopiles of jacket funderingen), zal energie onder de vorm van onderwatergeluid (geluidsdruk en partikelbeweging) in het mariene ecosysteem worden geïntroduceerd. Vissen kunnen gedragswijzigingen vertonen, fysische schade oplopen of sterven tijdens en na blootstelling aan dergelijk onderwatergeluid. De levensvatbaarheid van viseieren en vislarven kan verminderen onder invloed van het heien. Tot op heden is echter niet voldoende bekend welke geluidsdruk op welke afstand welke schade aan welke organismen zal berokkenen. Het spreekt voor zich dat dit onderzoek enkel uitgevoerd zou worden indien er bij de constructie van het windmolenpark gekozen wordt voor installatietechnieken waarbij palen geheid worden.

De levensstadiaafhankelijkheid van de gevoeligheid van vissen ten opzichte van onderwatergeluid wordt *idealiter* experimenteel getest. Verschillende experimentele opzetten kunnen worden overwogen, waarbij het onderscheid tussen *in situ* en *ex situ* experimenten belangrijk is. In het eerste geval wordt de impact op een directe en reële manier in het veld opgemeten, terwijl in het tweede geval de (reële opgemeten) geluidsdruk in laboratoriumomstandigheden wordt gereproduceerd en het effect hiervan wordt opgemeten.



*In situ* experimenten hebben als voordeel dat problemen met de reproduceerbaarheid van dergelijke hoge geluidsdrukken worden vermeden en dat de vissen in quasi natuurlijke omstandigheden kunnen worden blootgesteld aan de geluidsdruk. *In situ* experimenten zijn echter wel afhankelijk van het effectief plaatsvinden van heiwerkzaamheden. Verder moet extra aandacht worden besteed aan de manier waarop de vissen in het systeem worden gebracht (vb. kooien) en de (veiligheids)afstand tot de geluidsbron, waarop deze experimenten kunnen worden uitgevoerd. Ten slotte zijn *in situ* experimenten steeds onderhevig aan natuurlijke variatie als gevolg van bvb. weersomstandigheden of de variatie in propagatie van het geluid in een geomorfologisch divers gebied als het BDNZ. *Ex situ* experimenten hebben dan weer het voordeel dat alles onder gecontroleerde omstandigheden kan worden uitgevoerd en dat viseieren en –larven gebruikt kunnen worden. De technische uitvoerbaarheid van dergelijke experimenten moet echter te gronde op voorhand worden geëvalueerd. Ook de toepasbaarheid van de resultaten uit *ex situ* experimenten in het natuurlijke milieu verdient extra aandacht. In conclusie kan gesteld worden dat een combinatie van *in situ* en *ex situ* experimenten noodzakelijk is.

De responsvariabelen van dergelijke experimenten zijn mortaliteit, fysiologische schade (o.a. stress), gedragswijzigingen (beide types experimenten) en beschadiging van weefsel. Verklarende variabelen omvatten de verschillende parameters van de 2 componenten van het geluid, geluidsdruk en partikelbeweging. Bij de beide experimenten is het dus noodzakelijk om gelijktijdig onderwatergeluidsmetingen uit te voeren.

Aangezien de gevoeligheid ten opzichte van onderwatergeluid varieert in functie van vissoort en levensstadium zijn experimenten met verschillende vissoorten (gehoorgeneralisten en gehoorspecialisten) en verschillende levensstadia aangewezen.

#### IN SITU EXPERIMENTEN

Voor het evalueren van de effecten van hei-activiteiten op juveniele tot adulte vissen zijn er twee blootstellingsexperimenten nodig. Het eerste experiment onderzoekt de invloed van afstand tot de geluidsbron en het tweede experiment onderzoekt de invloed van blootstellingstijd. De vissen worden in kooien neergelaten op 3 verschillende afstanden (onmiddellijke nabijheid, verderaf en controle) van het actieve heiplatform of gedurende 3 verschillende heiperiodes (kort, langer en controle) in zee gehouden. Het gedrag van de vissen in een kooi wordt bekeken aan de hand van een onderwatercamera, en simultane geluidsmetingen worden op de experimentele site uitgevoerd. Uitwendige en inwendige weefselschade wordt deels aan boord en deels in het laboratorium bepaald (necropsie en histologische analyses).

#### EX SITU EXPERIMENTEN

Deze experimenten zijn gebaseerd op het reconstrueren van de veldsituatie in het laboratorium op basis van in het veld opgenomen onderwatergeluid. Daarvoor dient een aquarium volledig te worden ingericht om een akoestische situatie te bekomen die zo goed mogelijk de veldsituatie benadert. Deze opstelling is bijzonder geschikt voor het evalueren van de effecten op jongere levensstadia, waarbij de individuen kleiner zijn, en om effecten te beoordelen die in een veldsituatie onmogelijk te bepalen zijn, meer bepaald stress.

#### 10.4.4 Bepalen van de ontwikkeling van de aanwezige grindbiotoop fauna

Zoals hiervoor al uitgebreid aangehaald is de ecologische waarde van dagzomend grind zeer hoog. Indien uit het voorafgaande grondonderzoek blijkt dat in het gebied grindvelden voorkomen dan is het nodig om de ecologische toestand ervan op te volgen.

In eerste instantie is het belangrijk om de precieze omvang en plaats van de grindzones te kennen. Als het detail van de aangeleverde gegevens uit het voorafgaandelijk geologisch onderzoek hiervoor onvoldoende is, zal het nodig zijn om voorafgaandelijk een multibeam onderzoek uit te voeren om de precieze locatie en de omvang van de grindzones te bepalen.

Vervolgens wordt de ecologische toestand van de grindzones vergeleken vóór en na de bouw van het windmolenpark, en daarna, na de beëindiging van de bouw van het windmolenpark, verder opgevolgd in de tijd om een beeld te krijgen van de lange termijn veranderingen. Daartoe dient voorafgaand aan de werkzaamheden (T0 = referentiesituatie) de fauna van de impactzone gedetailleerd bemonsterd te worden (random bemonstering) en vervolgens onmiddellijk na het beëindigen van de werken (T1). Daarna dient de ecologische toestand van de grindzones om de 4 jaar verder opgevolgd te worden, en zullen latere benodigde staalnames bepaald worden aan de hand van de eerder verkregen resultaten. Omdat grindgemeenschappen zeer traag evolueren, is het nodig om voldoende lang in de tijd te blijven bemonsteren.

Gezien de kwetsbaarheid en het ruimtelijk beperkt voorkomen van grindzones en hun hoge mate van ruimtelijke heterogeniteit (patchiness) stellen we voor om stalen te nemen met een boomkor en korte slepen uit te voeren. Het aantal slepen (staalnames) zal afhankelijk zijn van de omvang van de aangetroffen grindzones. De staalnames gebeuren eenmaal per jaar bij voorkeur tussen april en oktober.

Op te meten responsvariabelen zijn: soortenrijkdom, dichtheid en biomassa. Op te meten verklarende variabelen omvatten de sedimentsamenstelling en het gehalte organisch materiaal in de bodem.

#### 10.4.5 *Ammodytidae*: populaties en paaigedrag in de geulen van het Belgische windmolengebied

Bij gebruik van GBF zullen grote hoeveelheden sediment worden gewonnen, gestockeerd en gestort. De mogelijkheid dat het SeaStar projectgebied en bij uitbreiding de hele zone voorzien voor windmolens op bepaalde tijdstippen als paaiplaats fungeert voor zandspiering kan niet uitgesloten worden en vormt bijgevolg een leemte in de kennis.

Om een inschatting te kunnen maken van de effecten van windmolenparken op zandspieringpopulaties is een geïntegreerde studie over de verschillende levensstadia noodzakelijk. Ten eerste moet de dynamiek van de adulten (>2 jaar) in kaart worden gebracht, meer bepaald de ruimtelijke en temporele variatie in hun voorkomen, en de verdeling tussen de verschillende soorten. Adulten zijn na rekrutering grotendeels sedentair en kunnen bemonsterd worden met een bodemschaaf (ICES, 2011). Metingen van omgevingsvariabelen moeten minstens sedimentsamenstelling, oppervlaktewatertemperatuur, bodemtemperatuur, saliniteit, getijmoment en diepte omvatten, aangezien deze reeds door Van der Kooij *et al.*, (2008) werden geïdentificeerd als bepalend voor de verspreiding van zandspieringen op de Doggerbank. Een volgende stap is het bestuderen van het paaigedrag en de locatie van de paaigronden. Aangezien eitjes van de familie *Ammodytidae* moeilijk op soort te brengen zijn aan de hand van morfologische kenmerken, kan

geopteerd worden om moleculaire merkers te gebruiken die de aanwezigheid van eitjes van een bepaalde soort in een bodemstaal kunnen bevestigen, i.e. via DNA extractie uit sediment (zie Mitchell *et al.*, 1998). Ten slotte dient de planktonische fase van de verschillende zandspieroortsoorten te worden bestudeerd. Klassiek worden dergelijke vislarven bemonsterd met een Bongonet met maaswijdte van 0.5 mm die op undulerende wijze door de waterkolom wordt gesleept. Op basis van deze gegevens kan een inschatting worden gemaakt van de verspreiding van jonge levensstadia en kan een verband worden gelegd met de rekrutering naar de bodem. Om het relatieve belang van het concessiegebied voor zandspieroortpopulaties te kunnen inschatten, dient het in een ruimer ruimtelijk kader te kunnen geplaatst worden.



## 11.Zeezoogdieren

- De bruinvis *Phocoena phocoena* is het enige zeezoogdier dat (seizoenaal) algemeen voorkomt in Belgische wateren;
- Tussen januari en april worden doorgaans de hoogste densiteiten aan bruinvissen vastgesteld in Belgische wateren;
- Tijdens voorbereidend geofysisch onderzoek voor het voorgestelde project, zoals voor het bepalen van de gelaagdheid van de ondergrond, worden technieken gebruikt die onder water veel geluid voortbrengen; voor het uitvoeren van dergelijke surveys gelden een aantal voorwaarden die tot doel hebben negatieve effecten op zeezoogdieren zoveel mogelijk te beperken;
- De meest negatieve impact tijdens de constructiefase van het project kan verwacht worden bij het heien van palen, zowel van monopiles (hoge geluidsniveau's) als van jacketfunderingen (lagere geluidsniveaus, maar langere duur van heien). Bruinvissen en andere zeezoogdieren kunnen verstoord worden tot op tientallen km afstand. De betekenis van de impact zowel op individuele dieren (met mogelijke tijdelijke gehoorschade) als op de populatie is niet gekend.
- De zeehondenkolonies in Nederland (Zeeland) liggen te ver van het projectgebied om significant negatieve effecten te verwachten in deze kolonies; vermoedelijk is de densiteit van zeehonden in en om het projectgebied zeer laag.
- De werkzaamheden vereist voor de installatie van suction bucket, gravitaire funderingen en elektriciteitskabels zullen veel minder verstoring teweeg brengen dan heien gezien de te verwachten lagere geluidsniveaus. Gezien echter leemtes in de kennis over de bereikte onderwatergeluidsniveau's en frequenties, wordt aanbevolen ook voor deze werkzaamheden de periode maart-april te mijden, en de technieken toe te passen die het minste onderwatergeluid veroorzaken.
- Het is niet duidelijk wat het effect zal zijn op de aanwezigheid van bruinvissen bij operationele turbines: een verstoring in een beperkt gebied, of een aantrekking o.i.v. verminderde scheepvaart, visserij, en een hoger voedselaanbod.
- Het Seastar project is voor wat betreft de effecten op zeezoogdieren aanvaardbaar, mits het strikt naleven een aantal voorwaarden. Deze voorwaarden hebben vooral betrekking tot het vermijden van excessief onderwatergeluid, en het milderen van effecten van het onderwatergeluid dat ontstaat tijdens het heien van palen.
- M.b.t. zeezoogdieren is er voor wat betreft de te gebruiken technieken een voorkeur voor suction bucket en gravitaire funderingen aangezien deze bij installatie slechts een beperkte verstoring zullen veroorzaken.

### 11.1 Inleiding

Het MER van Seastar is tamelijk volledig in het beschrijven van de achtergrondsituatie en de mogelijke effecten op zeezoogdieren tijdens de constructie en exploitatie van het Seastar windpark. De informatie werd voor het grootste gedeelte overgenomen uit eerdere milieu-effectenbeoordelingen (MEB), aangevuld met data uit het 2012 monitoringrapport (Degraer *et al.*, 2012). Voor een gedetailleerde beschrijving van de achtergrondsituatie en effecten kan verwezen worden naar het ingediende MER, en naar de milieu-effectenbeoordeling van het Rentel windpark (Rumes *et al.*, 2012a).

Het meest relevant voor het bepalen van de mogelijke effecten op zeezoogdieren bij dit project zijn de afstand uit de kust, de gemiddelde waterdiepte, de keuze van funderingen, met de mogelijkheid van het heien van zeer grote monopiles, en de alternatieven voor de fundering. Verder zijn de aspecten m.b.t. geluid in de uitvoering van de MSFD relevant voor dit hoofdstuk. Daarnaast besteden andere fora waar België bij betrokken is de laatste jaren veel aandacht aan onderwatergeluid en de mogelijke effecten op zeezoogdieren (zie o.a. CBD, 2012; CMS, 2012; IWC, 2012; ASCOBANS, 2013).

De te verwachten effecten worden beoordeeld m.b.t. hun aanvaardbaarheid, er worden voorwaarden voorgesteld en een monitoringplan opgemaakt dat rekening houdt met nieuwe inzichten en met de voorziene monitoring in de reeds bestaande of in de nabije toekomst geplande windparken. Er wordt tevens rekening gehouden met de constructie van andere parken.

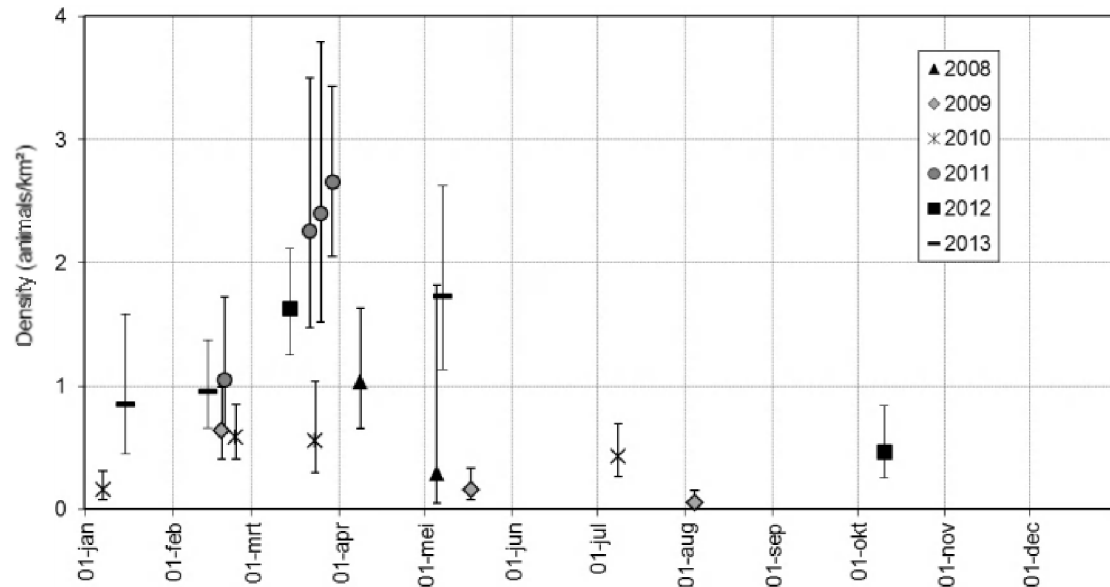
De situatie in de Belgische wateren in de onmiddellijke omgeving van het Seastar concessiegebied is gelijkaardig aan deze in de aanpalende Nederlandse wateren; de mogelijke effecten zullen als dusdanig gelijkaardig zijn voor deze Nederlandse wateren, en de maatregelen voorgesteld zullen zowel voor de Belgische als Nederlandse wateren effect hebben; effecten op zeezoogdieren tijdens de constructie en de exploitatie, en effecten als gevolg van milderende maatregelen worden hier bijgevolg niet apart besproken.

### 11.1.1 Soorten zeezoogdieren in Belgische wateren

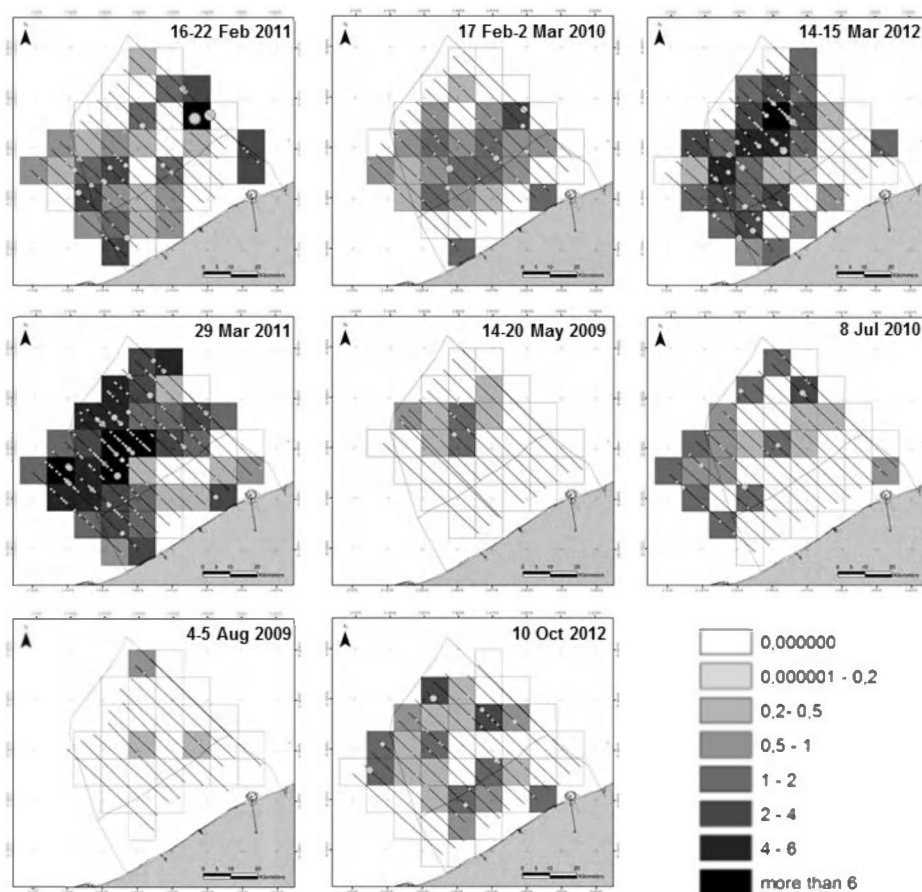
De bruinvis *Phocoena phocoena* is veruit het meest algemene zeezoogdier in Belgische en aanpalende Nederlandse wateren. De dichtheden van andere walvisachtigen, waaronder de als inheems beschouwde witsnuitdolfijn *Lagenorhynchus albirostris*, zijn veel lager. De meest nabije kolonies zeehonden, zowel van de gewone *Phoca vitulina* en de grijze zeehond *Halichoerus grypus*, bevinden zich op tientallen km afstand van het Seastar concessiegebied (in Zeeland), en vertonen reeds jaren een stijgende trend (Berrevoets *et al.*, 2005; Brasseur *et al.*, 2008; Strucker *et al.*, 2012). Ook kolonies grijze en gewone zeehonden in zuid-west Engeland, waaronder de Goodwin Sands, vertonen een stijgende trend (J. Bramley, persoonlijke mededeling; SCOS, 2011; zie Rumes *et al.*, 2012a). Hoewel zeer geregeld zeehonden waargenomen worden, blijft hun aantal in Belgische wateren waarschijnlijk beperkt tot hoogstens enkele tientallen exemplaren van beide soorten. Gewone zeehonden worden frequent bij de kust waargenomen, rustend op strandhoofden of in havens. De laatste jaren worden steeds vaker grijze zeehonden waargenomen dicht bij de kust, waarschijnlijk als gevolg van de stijgende aantallen grijze zeehonden in het zuidelijke deel van de Noordzee.

### 11.1.2 Densiteit en verspreiding van bruinvissen in Belgische wateren

Uit de monitoring van de afgelopen jaren blijkt dat de bruinvis algemeen voorkomt in zuidelijke Noordzee, ten minste in het voorjaar (Ascobans, 2011; Geelhoed *et al.*, 2011; 2013; Haelters *et al.*, 2012). De hoogste dichtheden worden bereikt tijdens de maanden maart en april (Figuur 11.1), en de totale geëxtrapoleerde aantallen tijdens deze maanden (4.000 tot meer dan 8.000 dieren) vormen een significant deel van de Noordzee-populatie.



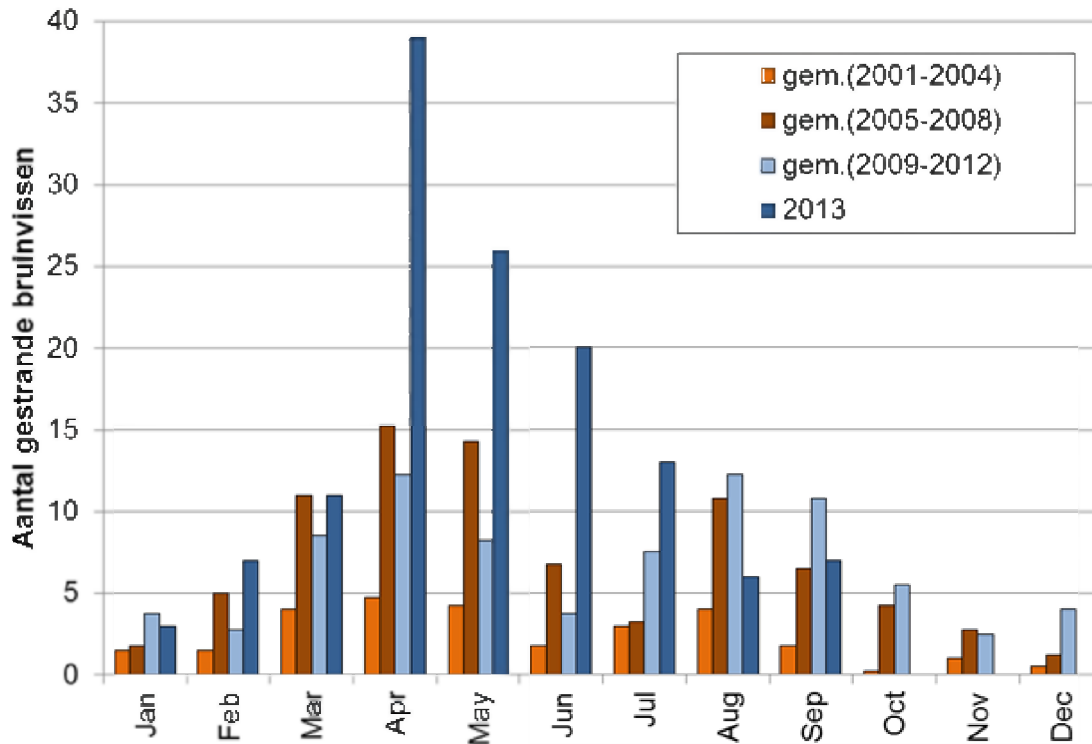
Figuur 11.1: Geschatte dichtheden aan bruinvissen (in een gebied ongeveer equivalent met Belgische wateren) zoals vastgesteld tijdens luchtsurveys uitgevoerd tussen 2008 en 2013 (Haelters *et al.*, 2013a).



Figuur 11.2. Verspreiding van bruinvissen in Belgische wateren op basis van de dichtheid per 10 x 10 km blok (waarnemingen tijdens luchtsurveys; Haelters *et al.*, 2013a).

Het aantal gestrande dieren kan gebruikt worden als maat voor het aantal dieren in de nabije wateren,

hoewel veel factoren dit aantal beïnvloeden. De hoge dichtheid aan bruinvissen in Belgische wateren tijdens de survey van mei 2013 ging gepaard met een relatief hoog aantal gestrande dieren in deze periode (Figuur 11.3). Tussen april en juli werden recordaantallen aangespoelde bruinvissen gemeld. Mogelijk was deze hoge dichtheid een gevolg van een relatief koud voorjaar, met consequenties voor de beschikbaarheid van geschikt voedsel (Haelters, 2013). Ook in Nederland werden in dezelfde periode ongewoon veel gestrande bruinvissen gerapporteerd (IJsseldijk & Begeman, 2013).



Figuur 11.3. Gemiddeld aantal gestrande bruinvissen per maand van 2001 tot 2013. Data 2013 t.e.m. september (data KBIN, niet gepubliceerd).

De beschikbare data tonen aan dat patronen in dichtheid en verspreiding van deze zeer mobiele diersoort tamelijk onvoorspelbaar blijven, met belangrijke variaties op korte termijn mogelijk onder invloed van variaties in het voorkomen van geschikte prooien.

De bruinvis maakt gebruik van geluid voor navigatie, communicatie en voedselzoeken, en is zeer verstoringgevoelig. Bovendien moet het, als klein endotherm dier in een koude omgeving, elke dag voedsel tot zich nemen om te overleven. De bruinvis is, net zoals de andere zeezoogdieren, beschermd volgens de nationale en internationale milieuwetgeving. Significante verstoring moet indien mogelijk vermeden worden. Hieronder wordt ingegaan op de te verwachten effecten, de aanvaardbaarheid en de voorwaarden.

## 11.2 Te verwachten effecten

### 11.2.1 Voorbereidende fase

Voor het bepalen van de structuur van de zeebodem en onderliggende ondergrond zal geofysisch onderzoek uitgevoerd worden. Hoewel niet specifiek besproken in het MER worden bij dit onderzoek



toestellen gebruikt die mogelijk zeezoogdieren verstoren (voor een overzicht: zie OSPAR, 2009a). Bij geofysisch onderzoek dient artikel 19 van het Koninklijk Besluit van 21 december 2001 (Belgisch Staatsblad van 14 februari 2002) betreffende de soortenbescherming in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België te worden nageleefd:

- §1. Voor het gebruik van akoestische toestellen van het type sparker, watergun, boomer systeem of van toestellen waarbij luchtdrukbronnen gebruikt worden met een totale inhoud van meer dan 50 kubieke inch, en voor het gebruik onder water van explosieven, van welke aard ook, geldt een meldingsplicht. Deze meldingsplicht geldt niet voor sonars die werken bij een frequentie van hoger dan 5 kHz en voor echopeilers. De melding gebeurt volgens de procedure voorzien in Bijlage 4 van het KB soorten.
- §2. Bij het uitvoeren van deze activiteiten dient men de BMM te raadplegen over de te volgen richtlijnen met het oog op de bescherming van de soorten van de Bijlagen 1, 2 en 3.
- §3. Onverminderd artikel 27 van de wet wordt het gebruik van sonars met een werkfrequentie van 5 kHz of minder, van akoestische luchtdrukbronnen met een totale inhoud van 250 kubieke inch of meer, en van explosieven met een TNT equivalent van 100 kg of meer, bovendien onderworpen aan de voorafgaande vergunning of machtiging, voorzien in artikel 25 van de wet.

Ondanks het feit dat het geofysisch onderzoek niet gedetailleerd beschreven wordt in het MER kan niet verwacht worden dat belangrijke negatieve effecten zullen optreden. De beoogde penetratiediepte van de ondergrond is immers beperkt, en hoogstwaarschijnlijk zullen bijgevolg toestellen gebruikt worden met een beperkt vermogen. Toch dienen voor het vermijden van effecten op zeezoogdieren, cfr. §2 van het KB, een aantal richtlijnen te worden gevolgd (zie voorwaarden).

### 11.2.2 Constructiefase

De mogelijke effecten van de verschillende aspecten van de constructiefase worden uitgebreid en voldoende besproken in het MER (IMDC, 2013a, zie ook Rumes *et al.*, 2012a). Verstoring zal optreden door toenemend scheepvaartverkeer, baggerwerken, het leggen van de kabel, etc., ongeacht het funderingstype, maar het valt niet te verwachten dat deze activiteiten significant negatieve effecten zullen hebben op zeezoogdieren (tijdelijke activiteiten met een beperkte impact radius). Dit is vermoedelijk eveneens het geval voor het plaatsen van een gravitaire fundering of bij gebruik van de suction bucket techniek. Het niveau van het onderwatergeluid dat veroorzaakt wordt bij jetting, ploegen en baggeren blijft een leemte in de kennis (zie hoofdstuk 7 Geluid). Door de tijdelijke aard van de activiteiten en het beperkte gebied waar verstoring kan optreden, is het echter onwaarschijnlijk dat significante effecten zullen optreden op zeezoogdieren bij het leggen van de kabel. Ook Nedwell *et al* (2012) kwamen tot de conclusie dat dit soort werken niet zullen leiden tot gehoorschade bij mobiele zeezoogdieren omdat deze over de mogelijkheid beschikken om het excessief geluid te ontvluchten.

De belangrijkste acute effecten op zeezoogdieren kunnen verwacht worden bij het heien van palen: daarbij ontstaan onder water zeer hoge geluidsniveaus (zie Hoofdstuk 7 Geluid). De totale verstoring zal, indien geheid wordt, niet verwaarloosbaar zijn. Voor dit project wordt geheid in relatief diep water (20–40 m diepte), met ongekende gevolgen voor de geluidspropagatie. De funderingen worden, afhankelijk van het type, in de ondergrond geheid tot op 30 tot 50 m diepte. De diameter van de monopile fundering kan oplopen tot 7 m, terwijl de diameter van de jacketfunderingen tussen de 2,25 en 3 m ligt. Gegevens over onderwatergeluidsniveaus gegenereerd tijdens het heien van palen van meer dan 5 m diameter zijn niet beschikbaar. In het Seastar project worden maximaal 62 monopile

funderingen voorzien en kan men rekening houden met een constructieperiode van 4 tot 6 maand voor de installatie van deze monopile funderingen, waarbij telkens 1-4 uur effectief geheid wordt per fundering (aangepast uit Rumes *et al.*, 2012a). Alternatief worden er 41 tot 62 jacket funderingen voorzien wat zou resulteren in een constructieperiode van 4 tot 6 maand voor de installatie van deze funderingen, waarbij telkens 6-12 uur (1.5-3 uur per pinpile) effectief geheid wordt per fundering (aangepast uit Rumes *et al.*, 2012a). Terwijl het geluidsniveau te verwachten bij het heien van de palen voor de jacketfunderingen lager zal zijn dan bij het heien van monopiles, zal het heien, en dus mogelijke verstoring van zeezoogdieren, langer aanhouden bij gebruik van jacketfunderingen. Met de beschikbare kennis is niet te bepalen of het gebruik van een monopile dan wel een jacketfundering in het project uiteindelijk het meest negatief zal zijn voor zeezoogdieren.

Ongeacht de gebruikte fundering (monopile of jacket) kan verwacht worden dat, zonder geluidsmitigerende maatregelen, verstoring van bruinvissen, en mogelijk andere zeezoogdieren, zal optreden tot op enkele tientallen km afstand (IMDC, 2013a; Rumes *et al.*, 2012a; Norro *et al.*, 2012; Haelters *et al.*, 2013b). Bruinvissen zullen het gebied langzaam herbevolken, maar bij nieuwe heioperaties opnieuw verstoord worden.

De directe acute effecten op individuele bruinvissen door het heien blijven mogelijk beperkt tot verstoring, mits toepassing van bepaalde maatregelen om directe blootstelling aan zeer hoge geluidsniveaus te vermijden. Het is echter zeer moeilijk te bepalen wat de chronische effecten zijn van eenmalige en herhaaldelijke blootstelling aan excessief onderwatergeluid. Feit is dat een bruinvis elke dag moet eten om fit te blijven, en dat verstoring het foerageergedrag sterk kan beïnvloeden. Verstoring van duizenden dieren tijdens de constructie van dit windpark (met mogelijke effecten van stress of verminderde fitheid, gezondheid en voortplanting), mogelijk gecombineerd met de verstoring door de constructie van andere windparken in de zuidelijke Noordzee, kan gevolgen hebben voor de populatie. Net zoals de effecten op individuele bruinvissen, betreft het effect op populatieniveau dit van verstoring, en van het tijdelijk ongeschikt zijn van een groot gebied voor deze dieren, een leemte in de kennis.

Gelijkaardige gevolgen kunnen voorkomen bij andere zeezoogdieren, maar mogelijk zijn deze minder gevoelig voor excessief onderwatergeluid dan bruinvissen. Permanente gehoorschade bij zeehonden zou kunnen voorkomen bij blootstelling aan hei-geluid binnen 4 km van een heilocatie (Prins *et al.*, 2008). De dichtheid aan zeehonden op zee is echter moeilijk te bepalen.

Het bepalen van trends in het voorkomen van zeehonden in de zuidelijke Noordzee is tamelijk gemakkelijk, gezien de monitoring van de aantallen dieren op vaste ligplaatsen en kolonies (in de ons omringende landen) eenvoudig kan plaatsvinden. Echter, voor het bepalen van effecten van de constructie van offshore windparken op zeehonden dient men informatie te verzamelen van op zee foeragerende zeehonden, een onderzoek dat meestal uitgevoerd wordt door middel van gezenderde zeehonden. Gewone zeehonden foerageren in Nederland meestal dicht (minder dan 10 km afstand) bij de ligplaatsen (Brasseur *et al.*, 2006; 2008), waardoor het aantal dieren in en nabij het projectgebied waarschijnlijk laag is, en dus slechts een beperkt aantal dieren blootgesteld wordt aan het geluid gegenereerd tijdens de constructie. In het Verenigd Koninkrijk stelden Sharples *et al.* (2012) vast dat gewone zeehonden grotere afstanden aflegden, en dat hun foerageergedrag vooral bepaald werd door de afstand van de ligplaatsen tot geschikte voedselgebieden.

Grijze zeehonden ondernemen veel langere foerageertochten, en tochten tussen de verschillende kolonies binnen de Noordzee (Brasseur *et al.*, 2010a). De oppervlakte van het projectgebied tegenover het (potentiële) foerageergebied voor grijze zeehonden laat veronderstellen dat dat de dichtheid aan grijze zeehonden in het projectgebied en de ruime omgeving laag is.

Een belangrijk verschil tussen zeehonden en bruinvissen is de nood aan voedsel. Waarschijnlijk zijn zeehonden minder gevoelig aan verstoring omdat zeer tijdelijk voedseltekorten voor zeehonden (met uitzondering van zeehondenpups) vermoedelijk minder belangrijk zijn dan voor bruinvissen, die elke dag moeten eten om fit te blijven (Kastelein *et al.*, 1997).

### 11.2.3 Exploitatiefase

Gezien het verwachte geluidsniveau onder water zullen de effecten op zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase waarschijnlijk beperkt blijven, en mogelijk zal er aantrekking zijn door minder verstoring en een verhoogd voedselaanbod. Onderzoek in operationele windparken in het buitenland gaf uiteenlopende conclusies, maar zeer negatieve effecten werden niet vastgesteld. Zo stelden Teilmann en Carstensen (2012) door middel van Passive Acoustic Monitoring (PAM) een zeer traag herstel vast van de densiteit aan bruinvissen in een reeds meer dan 10 jaar operationeel windpark in het westen van de Baltische Zee (Nysted windpark). De echolocatie-activiteit van bruinvissen in het windpark nam na de constructie langzaam toe van 11 tot 29% van het oorspronkelijke niveau. De mogelijke achtergrond voor de recente lichte toename wordt toegeschreven aan gewinning, aan aanrijking van het milieu door verminderde visserij en aan het rif-effect. Voor de bruinvis (*Phocoena phocoena*) besloten Tougaard en Damsgaard-Henriksen (2009) op basis van metingen nabij een 2 MW turbine dat gedragswijzigingen enkel te verwachten zijn indien de dieren zich in de onmiddellijke nabijheid van de funderingen bevinden (er wordt geen duidelijke afstand gegeven maar uit de context kan men een afstand van  $\pm 50$  m afleiden). Uit de resultaten van het monitoringprogramma dat in België uitgevoerd wordt, kunnen voorlopig geen conclusies hierover getrokken worden (Haelters *et al.*, 2013a).

### 11.2.4 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen, wat betreft verstoring van zeezoogdieren, vermoedelijk gelijkaardig of beperkter zijn aan deze tijdens de constructiefase. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden bij een eventuele verwijdering van de funderingen en kabels en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de aard en omvang van deze effecten.

### 11.2.5 Cumulatieve effecten

Het MER beschrijft de scenario's van cumulatieve effecten tijdens de constructie- en exploitatiefase. Tijdens de constructiefase dienen twee mogelijkheden voor het optreden van cumulatieve effecten bij het heien van palen in twee parken binnen een straal van enkele tientallen km afstand te worden overwogen:

- Zeezoogdieren die het ene park ontvluchten omwille van excessieve geluidsniveaus onder water, komen mogelijk binnen het geluidsveld van een tweede park onder constructie terecht. Dit zou betekenen dat de cumulatieve effecten belangrijker zijn dan de som van de effecten van de constructie van elk park afzonderlijk (Murphy *et al.*, 2012).
- Het totale gebied waarover verstoring optreedt bij gelijktijdige constructie zal gedeeltelijk overlappen, waardoor het totaal verstoorde gebied x de tijdsduur van verstoring kleiner zal zijn dan bij een afzonderlijke constructie.

De gelijktijdige constructie van meerdere parken is in Nederland omwille van mogelijke cumulatieve

effecten niet toegelaten.

Cumulatieve effecten kunnen optreden tijdens de operationele fase van windmolenparken die zich dicht bij elkaar bevinden (bijvoorbeeld in Belgische wateren), hoewel er nog steeds onzekerheid bestaat over mogelijke effecten op zeezoogdieren in elk park afzonderlijk (geen, beperkt positief of beperkt negatief).

### *11.3 Besluit*

- 1) Voor de aanvang van de werken zal geofysisch onderzoek uitgevoerd worden. Bij dergelijk onderzoek dienen een aantal maatregelen te worden genomen om negatieve effecten op zeezoogdieren te voorkomen.
- 2) De belangrijkste effecten zullen voorkomen bij de bruinvis, gezien dit met voorsprong het meest algemene zeezoogdier is in Belgische en aanpalende Nederlandse wateren. Bovendien betreft het de soort die het meest gevoelig is voor verstoring, en het meest gevoelig is aan tijdelijke voedseltekorten. Voor zeehonden zullen de effecten beperkter zijn, gezien een verwachte lage densiteit in en om het projectgebied, de vermoedelijk lagere gevoeligheid aan excessief onderwatergeluid.
- 3) De belangrijkste negatieve effecten op zeezoogdieren worden verwacht tijdens de constructiefase, en vooral bij het gebruik van monopiles en van jacketfunderingen. Dicht bij de heillocatie kan mogelijk tijdelijke gehoorschade en zelfs permanente gehoorschade optreden bij een aantal dieren. Zonder mitigerende maatregelen zullen zeezoogdieren tijdens deze werkzaamheden, incl. korte tussenperiodes, verdreven worden uit een relatief groot gebied (+1.000km<sup>2</sup>).
- 4) Hoewel een aantal mitigerende maatregelen opgesomd worden in het MER, worden deze enkel als optie vermeld, en wordt niet aangegeven welke effectief zullen toegepast worden. Het nemen van geluidsmitigerende maatregelen wordt als verantwoord genoemd in het MER, gezien de te verwachten geluidsniveaus en de wettelijke verplichtingen.
- 5) Voor het heien is het zeer moeilijk om te kwantificeren wat de invloed zal zijn is van het type fundering (i) monopile: hoge geluidsniveaus en een vermoedelijk korte heiperiode of (ii) jacket fundering: iets lagere geluidsniveaus maar langere heiperiode.
- 6) Dergelijke effecten zullen niet, of over een veel kleiner gebied voorkomen bij het gebruik van gravitaire funderingen of suction buckets.
- 7) De verhoging van de intensiteit van de scheepvaart, het baggeren, het plaatsen van de kabel, etc., zullen een effect hebben op een veel kleinere schaal (beperkt tot de aanvoerroutes, kabeltracé en het park en directe omgeving).
- 8) Dezelfde conclusies zijn van toepassing op de aanpalende Nederlandse wateren.
- 9) Het optreden van mogelijke cumulatieve effecten tijdens constructie en exploitatie betreft grotendeels een leemte in de kennis; de gelijktijdige constructie van meerdere windparken in een relatief klein gebied wordt echter niet a priori als meer negatief beschouwd.
- 10) Tijdens de exploitatiefase zullen mogelijk positieve effecten optreden, met aantrekking van zeezoogdieren door minder verstoring en een verbeterde voedselsituatie, of beperkte verstoring

door de continue aanwezigheid van bijkomend onderwatergeluid - dit betreft een leemte in de kennis.

### 11.3.1 Aanvaardbaarheid

Het project is voor wat betreft de risico's op effecten op zeezoogdieren aanvaardbaar, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden (zie hieronder). Deze conclusie geldt voor het de constructiefase, de exploitatiefase en de ontmantelingsfase. Gezien in Belgische wateren windparken voorzien worden op relatief korte afstand van elkaar, worden cumulatieve effecten door de gelijktijdige constructie verwacht klein te zijn, en aanvaardbaar. Voor wat betreft de mogelijke effecten op zeezoogdieren valt een gelijktijdige constructie van meerdere nabijgelegen parken te verkiezen, gezien de totale duur van verstoring zo korter zal zijn (met een overlappend gebied waar dieren in verstoord worden), maar zowel gescheiden als gelijktijdige constructie zijn aanvaardbaar.

### 11.3.2 Voorwaarden en aanbevelingen

Het is een uitdaging een balans te vinden tussen het zoveel mogelijk voorkomen van verstoring van zeezoogdieren en het onbeperkt toelaten van industriële activiteiten met mogelijke effecten op zeezoogdieren. België is gebonden aan een aantal afspraken om negatieve effecten op zeezoogdieren zoveel mogelijk te vermijden (Europese Habitatrichtlijn, MSFD, OSPAR, ASCOBANS). Zo bepaalt de MSFD dat 'de toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, op een niveau is die het mariene milieu geen schade berokkent', en dat 'impulsgeluiden en regionale geluidsbronnen met lage frequentie geen negatieve impact hebben op mariene organismen'.

De voorwaarden en aanbevelingen hieronder geformuleerd vinden hun oorsprong in het MER, deze MEB, internationale verplichtingen en aanbevelingen geformuleerd in internationale fora zoals de Europese Unie, ASCOBANS, OSPAR en IWC, en in de resultaten van het onderzoek m.b.t. zeezoogdieren en onderwatergeluid dat tot nu toe uitgevoerd werd in België (Degraer *et al.*, 2013) en in het buitenland.

#### 11.3.2.1 Voorwaarden

- Bij het uitvoeren van geotechnische surveys dienen de richtlijnen JNCC guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys (versie augustus 2010, of een meer recente versie indien beschikbaar) toegepast te worden (zie <http://jncc.defra.gov.uk>; JNCC, 2010). Er wordt echter niet vereist dat de personen die uitkijk houden voor de aanwezigheid van zeezoogdieren getraind zouden zijn, en er wordt geen passieve akoestische monitoring gevraagd (zie Rumes *et al.*, 2012b; 2013a; b).
  - Voor de aanvang van de survey dient een half uur uitgekeken te worden in het gebied naar de aanwezigheid van zeezoogdieren.
  - Het onderzoek mag niet aangevat worden, of moet gestaakt worden, bij waarneming van zeezoogdieren in de buurt van het survey vaartuig; het mag niet opnieuw aanvangen voor de dieren zich op voldoende afstand van het vaartuig verwijderd hebben.

- Het onderzoek moet – indien technisch mogelijk - uitgevoerd worden met een ‘ramp-up’ procedure, waarbij de survey aanvangt met een energie-output die geleidelijk aan opgebouwd wordt, en waarbij de maximale energie-output pas na minstens 20’ bereikt wordt.
  - Het onderzoek moet uitgevoerd worden met de laagst mogelijke energie-output (en het laagst mogelijke brongeluidsniveau) dat het doel van de survey bereikt.
- Voor het minstens tijdelijk vermijden van verstoring van zeezoogdieren in Belgische en aanpalende wateren, mag het heien van palen voor windturbines (zowel voor jacket- als voor monopile funderingen) niet plaatsvinden tussen 1 januari en 30 april (‘sperperiode’).
- Het plaatsen van monopiles of jacketfunderingen in de bodem kan plaatsvinden tussen 1 januari en 30 april indien een alternatieve techniek gebruikt wordt, zoals intrillen, inboren, en indien de BMM oordeelt dat afdoende aangetoond werd dat de geluidsemissies bij gebruik van deze techniek in die mate lager zijn dat geen significante effecten op zeezoogdieren meer te verwachten zijn.
- Voor het zoveel mogelijk vermijden van verstoring en fysiologische schade bij zeezoogdieren in Belgische en aanpalende wateren, dienen bij heioperaties de volgende preventieve maatregelen te worden genomen:
  - Er moeten akoestische toestellen voor het afschrikken/alarmeren van zeezoogdieren ingezet worden vanaf een half uur voor de aanvang van het heien tot de start van het heien, en tijdens korte periodes (< 2 uren) tussen opeenvolgende hei-operaties. Indien gekozen wordt voor een akoestisch afschrikmiddel (AHD), met een brongeluidsniveau van 170 tot 195 dB<sub>p-p</sub> re 1μPa dient één dergelijk toestel te worden ingezet op of in de onmiddellijke omgeving van de heilocatatie (op ten hoogste 200 m afstand). Indien gekozen wordt voor akoestische alarmeringstoestellen (ADD) met een brongeluidsniveau van 130 tot 150 dB<sub>(p-p)</sub> re 1μPa dienen minstens vier dergelijk toestellen ingezet te worden, op regelmatige afstanden in een cirkel met straal van 200 - 300 m rond de heilocatatie.
  - De keuze van de akoestische toestellen wordt ter goedkeuring aan de BMM voorgelegd.
  - De heioperaties dienen aan te vangen met een ‘ramp-up’ (of ‘soft-start’) procedure, waarbij de energie gebruikt om de paal in de bodem te heien langzaam toeneemt, en het maximale vermogen van het heitoestel slechts bereikt wordt ten vroegste 10 minuten na de eerste heislage. De periode van 10 minuten moet potentieel toelaten dat zeezoogdieren de zone kunnen verlaten waarbinnen acute fysieke schade kan optreden door het heien (indien ze niet voldoende ver verdreven werden door de akoestische afschrikmiddelen), en vormt een compromis tussen een te korte ramp-up procedure (met nog zeezoogdieren in de buurt) en een langere (waarbij onnodig veel onderwatergeluid in het milieu gebracht wordt). Deze periode, en de maximale energie gebruikt bij de aanvang van het heien, kan aangepast worden aan de hand van nieuwe bevindingen. Een beschrijving van de soft-start procedure, met gebruikte energie en periodes, dient aan de BMM te worden voorgelegd voor goedkeuring.
  - Er dient speciaal uitkijk te worden gehouden voor de aanwezigheid van

zeezoogdieren vanaf een half uur voor de aanvang van heien.

- Tijdens de heiwerkzaamheden wordt een ruime omgeving rondom de heilocatie gecontroleerd op de aanwezigheid van zeezoogdieren. Aangezien de afstand tot waarop zeezoogdieren kunnen worden waargenomen sterk weersafhankelijk is zal de gecontroleerde afstand variëren tussen de 200 en 500 m vanaf het werkplatform. Indien tijdens de heiwerkzaamheden zeezoogdieren worden waargenomen, dienen de heiwerkzaamheden te worden gestaakt
- Tijdens de constructiefase dient waargenomen sterfte van organismen zoals bv. vogels, zeezoogdieren, vissen, koppotigen (Cephalopoda) te worden gemeld aan de BMM.

### 11.3.2.2 Aanbevelingen

- Er wordt aanbevolen om de periode waarin de palen geheid worden zo kort mogelijk te houden.
- Gezien de leemte in de kennis over de te verwachten geluidsdrukkniveaus wordt het aanbevolen om seismisch onderzoek en de werkzaamheden voor de installatie van (elektriciteits)kabels of gravitaire funderingen niet uit te voeren in maart en april, gezien de hogere dichtheden aan bruinvissen in Belgische wateren tijdens deze periode.
- Er wordt aanbevolen om tijdens het seismisch onderzoek continu een visuele en/of akoestische monitoring uit te voeren voor het tijdig opsporen van zeezoogdieren in de buurt van het survey vaartuig.
- Met betrekking tot het seismisch onderzoek wordt aanbevolen dit enkel uit te voeren bij dag en bij goede zichtomstandigheden.

## 11.4 Monitoring

Gezien de monitoring een groter gebied dekt dan het park zelf, en gezien de mobiliteit van zeezoogdieren, zal afstemming gebeuren met de monitoring uitgevoerd voor andere parken. Bepaalde effecten zullen ‘grensoverschrijdend’ werken: zo kan de constructie van een park een invloed hebben op de densiteit aan zeezoogdieren in een nabijgelegen operationeel park, en er kunnen cumulatieve effecten optreden bij gelijktijdige constructie of bij het operationeel worden van naburige parken.

Hieronder wordt enkel de monitoring van zeezoogdieren behandeld. De resultaten van het onderzoek van onder meer fysische aspecten van geluid en habitatveranderingen, behandeld in een apart monitoringprogramma, zijn van belang voor het eventueel bieden van een verklaring voor resultaten van het onderzoek van zeezoogdieren.

Bij monitoring van zeezoogdieren worden meestal de volgende gestandaardiseerde technieken toegepast:

- Surveys vanuit de lucht voor het bepalen van de dichtheid en ruimtelijke verspreiding van zeezoogdieren (*distance sampling*; Buckland *et al.*, 2001; zie Haelters, 2009 voor een samenvatting).

- Statische passieve akoestische monitoring (PAM): statische PAM toestellen detecteren de aan- en afwezigheid van kleine walvisachtigen in een gebied rond het verankerde toestel, en bieden zo een relatieve maat voor de lokale densiteit (het vaststellen van een absolute densiteit op basis van detecties is zeer moeilijk; zie Haelters *et al.*, 2013a). De gebruikte toestellen zijn momenteel van het C-PoD type (zie Chelonia.co.uk), maar eventueel zal in de toekomst een meer geavanceerd type gebruikt worden. C-PoDs hebben een autonomie van 3 tot 5 maanden. Het vergelijken van de detecties in of nabij het projectgebied, en in referentiegebieden, of de vergelijking van detecties bij PAM toestellen verankerd in een gradiënt tegenover een impactsite, kan informatie opleveren over het optreden van effecten of het niet optreden ervan, en over de reikwijdte van effecten (Dähne *et al.*, 2013).

Er zijn twee mogelijkheden voor het ontwerp van een monitoringprogramma:

- Een BACI (*before–after–control–impact*) ontwerp, met onderzoek vóór en na de activiteiten met een te verwachten impact, en binnen het projectgebied en in een referentiegebied;
- Een gradiënt ontwerp, waarbij effecten nagegaan worden op verschillende afstanden van de impactsite maar in dezelfde tijdsperiode.

Gezien de mobiliteit van zeezoogdieren lijkt een combinatie van de ontwerpen aangewezen, waarbij rekening gehouden wordt met tijdsintervallen in het BACI-ontwerp: deze intervallen moeten zo kort mogelijk gehouden worden, en lijken aangewezen voor het bepalen van effecten door bijvoorbeeld hei-operaties. Gezien de vastgestelde veranderingen in het voorkomen van bruinvissen in Belgische wateren lijkt het niet nuttig om voor de impact van een bepaalde activiteit een referentiesituatie te kiezen van het jaar voordien.

Bij het bepalen van de impact van het heien d.m.v. luchtsurveys dient een referentiesurvey uitgevoerd te worden zo kort mogelijk voor de start van het heien, en een impactsituatie te worden vastgesteld zo kort mogelijk na het heien. Bij gebruik van PAM toestellen dienen deze te worden verankerd op verschillende afstanden van de impactlocatie voor het heien aanvangt (zie Thompson *et al.*, 2010; Dähne *et al.*, 2013).

#### 11.4.1 Algemene monitoring

Jaarlijks worden in totaal minstens vier volledige luchtsurveys uitgevoerd over de Belgische wateren, inclusief het projectgebied, voor het inschatten van de verspreiding en densiteit van zeezoogdieren in Belgische wateren, waaronder het projectgebied. Deze surveys zijn niet specifiek voor het project Seastar – ze kaderen in de monitoring van dit en de andere windparkprojecten. Ze worden – indien mogelijk – gecoördineerd met surveys uitgevoerd in Nederlandse en/of Franse wateren (die onafhankelijk van dit monitoringplan plaatsvinden). Deze basismonitoring wordt uitgevoerd voor de aanvang van de werken, tijdens de constructiefase en tijdens de exploitatiefase.

#### 11.4.2 Monitoring vóór de aanvang van de werken

- 1) Minstens enkele weken vóór de aanvang van belangrijke fases in de constructie van het park (vb. start hei-operaties) worden in het projectgebied, of in de onmiddellijke omgeving van het projectgebied, 1 of 2 C-PoDs verankerd (afhankelijk van een geschikte ‘mooring of opportunity’); er worden eveneens 2 tot 3 C-PoDs verankerd (afhankelijk van een geschikte



‘*mooring of opportunity*’) in geschikte referentielocaties op voldoende afstand (10 – 50 km) van het park. De locaties worden zo gekozen dat ze bruikbaar blijven tijdens de constructie- en eventueel ook de exploitatiefase van het project. De referentie-PoDs kunnen gedeeld worden tussen verschillende projecten.

- 2) In het monitoringverslag m.b.t. zeevogels worden gegevens over waarnemingen van zeezoogdieren gevoegd; opmerkelijke waarnemingen tijdens de monitoring van zeevogels of tijdens activiteiten uitgevoerd door de aanvrager worden ad hoc aan de BMM meegedeeld.

### 11.4.3 Monitoring tijdens de constructiefase

- 1) Waarnemingen van zeezoogdieren in of in de buurt van het projectgebied, dienen door de aanvrager te worden gemeld aan de BMM, met gegevens (indien gekend) over soort, aantal, positie, uur en gedrag.
- 2) In het monitoringverslag m.b.t. zeevogels worden gegevens over waarnemingen van zeezoogdieren gevoegd, met aandacht voor het gedrag van de dieren; opmerkelijke waarnemingen van zeezoogdieren tijdens de monitoring van zeevogels worden ad hoc aan de BMM meegedeeld.
- 3) Tijdens de constructie van het park blijven in het projectgebied, of in de onmiddellijke omgeving van het projectgebied, 1 of 2 C-PoDs verankerd, en in geschikte referentielocaties 2 tot 3 C-PoDs verankerd. De toestellen worden regelmatig (elke maand tot elke 2 maanden) om verlies van data door verlies van PoDs zoveel mogelijk te beperken. Indien de constructiefase meerdere jaren omvat, dient deze monitoring voor elke hei-campagne te worden herhaald.
- 4) Indien geheid wordt, wordt kort (dagen tot een week) voor het heien een luchtsurvey uitgevoerd die de Belgische mariene wateren dekt. Een tweede survey wordt uitgevoerd zo kort mogelijk na de start van de hei-werkzaamheden (indien mogelijk: dagen). Indien echter bij de eerste survey een zeer lage dichtheid aan zeezoogdieren vastgesteld werd (gemiddeld  $<0,25$  dieren/km<sup>2</sup>, met geen bijzonder hoge dichtheden in en om het projectgebied), dan kan een tweede survey uitgesteld worden tot een latere datum tijdens de constructiefase. De eerste survey kan als één van de vier volledige luchtsurveys beschouwd worden cfr. de algemene monitoring vermeld in 7.1.
- 5) Indien geheid wordt, worden tijdens de heioperaties gestrande, of dood op zee aangetroffen, zeer verse zeezoogdieren onderworpen aan een onderzoek voor het bepalen van eventuele gehoorschade (zie Morell *et al.*, 2009).

### 11.4.4 Monitoring tijdens de exploitatiefase

- 1) In het monitoringverslag m.b.t. zeevogels worden gegevens over waarnemingen van zeezoogdieren gevoegd; opmerkelijke waarnemingen tijdens de monitoring van zeevogels of tijdens activiteiten uitgevoerd door de aanvrager worden ad hoc aan de BMM meegedeeld.
- 2) Bij het volledig afwerken van de diverse windparken onder constructie, en indien geen nieuwe constructies of andere grote werkzaamheden in het gebied en de ruime omgeving (die evt. zeezoogdieren verstoren) gepland worden, wordt eenmalig een uitgebreid onderzoek

uitgevoerd naar het gebruik van operationele windparken door bruinvissen. Daartoe wordt in één van de operationele windparken (mogelijk dat van Seastar), en op referentielocaties gelegen op een korte afstand tot het park, telkens 3-6 C-PoDs (of alternatief toestel) verankerd, in de late winter tot vroege lente (incl. februari - mei), en dit voor minstens 6 maanden, maar indien mogelijk het hele jaar door. Het onderzoek dient 4 jaar na elkaar te worden uitgevoerd. Dergelijk onderzoek heeft tot doel mogelijke aantrekking of verstoring van bruinvissen voor offshore windparken in Belgische wateren tijdens de operationele fase aan te tonen. Gezien geen mooring systemen ‘*of opportunity*’ zullen aanwezig zijn (zoals navigatieboeien of tripodes die ook andere apparatuur bevatten), moet een ontwerp gemaakt worden van dergelijk systeem dat voldoende duurzaam is om verliezen te vermijden.

### 11.4.5 Overzicht monitoring

Tabel 11.1: Schematisch overzicht van de monitoring in het kader van zeezoogdieren

<b>T<sub>0</sub></b>	<b>Constructiefase**</b>	<b>Exploitatiefase jaar 1-4</b>
4 Luchtsurveys*	4 Luchtsurveys*	4 Luchtsurveys/ jaar*
2 Luchtsurveys (bij heien)		
1-2 PoDs verankerd in of nabij projectgebied vanaf enkele weken voor de aanvang van belangrijke constructiewerken	1-2 PoDs verankerd in of nabij projectgebied vanaf enkele weken voor de aanvang van belangrijke constructiewerken	6-12 PoDs (6 maanden – 1 jaar, gedurende 4 jaren), waarvan de helft in het operationele park, de andere helft in nabijgelegen referentiegebieden (net buiten het park)*
2-3 PoDs* verankerd enkele weken voor de aanvang van belangrijke constructiewerken in referentiegebieden	2-3 PoDs* verankerd vanaf enkele weken voor de aanvang van belangrijke constructiewerken in referentie-gebieden doorheen de constructieperiode	

\*: niet specifiek voor dit park: te delen met de monitoring van andere parken

\*\*: te herhalen bij elk jaar van de constructie

## 12. Avifauna en vleermuizen

- Gezien het internationaal belang van het Belgisch deel van de Noordzee voor zeevogels moet er een grondige analyse gebeuren van de effecten op de avifauna van de constructie en exploitatie van het Seastar windmolenpark.
- Tijdens de constructie zijn de belangrijkste verwachte impact verstoring door de verhoogde scheepsactiviteit, baggeractiviteiten en mogelijks heien.
- Indien er gravitaire funderingen worden geplaatst dan zal er, bij een worst case scenario (configuratie 1 met gravitaire funderingen en funderingsputten van 7,5 m diep voor alle turbines), tot ca. 5.670.000 m<sup>3</sup> sediment worden gebaggerd en teruggestort met een verhoogde turbiditeit tot gevolg wat de foerageerefficiëntie van bepaalde kwetsbare soorten tijdelijk negatief kan beïnvloeden.
- Tijdens de exploitatie zijn er verschillende effecten mogelijk van het windmolenpark op vogels:
  - ze kunnen in aanvaring komen met een turbine of een andere structuur;
  - ze kunnen het windmolenpark als een barrière zien tijdens de migratie;
  - hun habitat wordt gewijzigd wat kan leiden tot vermijdings- of aantrekkingsgedrag.
- De geschatte aantallen aanvaringsslachtoffers bij meeuwen zijn het laagst bij de basisconfiguratie, gevolgd door configuratie 3. Deze aantallen zijn het hoogst bij de configuraties 1 en 2.
- Op basis van de huidige beschikbare kennis worden de effecten van het Seastar windmolenpark op de avifauna als aanvaardbaar beschouwd, dit voor alle mogelijke configuraties en technieken besproken in het MER.
- Gezien de onzekerheid van de effecten van de exploitatie van de verschillende windmolenparken op de avifauna zal een lange-termijn monitoring nodig zijn om de effecten op de avifauna vast te stellen en eventuele mitigerende maatregelen te formuleren.
- De aanwezigheid van vleermuizen boven het Belgisch deel van de Noordzee en de mogelijke impact van de windmolenparken op deze kwetsbare diergroep vormt een leemte in onze kennis.

### 12.1 Inleiding

Het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ) is van internationaal belang voor een groot aantal zeevogels. Het doet dienst als overwinteringsgebied, trekgebied of als foerageergebied tijdens het broedseizoen. Tijdens de wintermaanden komt het grootste aantal zeevogels voor (gemiddeld 42.000). In de zomermaanden is het aantal gemiddeld 17.000 (Vanermen & Stienen, 2009). Het BDNZ maakt deel uit van een migratie flessenhals (i.e. de versmalling van de zuidelijke Noordzee) waardoor (naar schatting) jaarlijks tussen de 1 en de 1,3 miljoen zeevogels migreren (Stienen *et al.*, 2007).

Er is een duidelijk seizoenaal verschil in het voorkomen van soorten. In de winter zijn futen, duikers, zeekoet *Uria aalge* en zwarte zee-eend *Melanitta nigra* typerend, in de zomer zijn sterns, jagers en mantelmeeuwen dominante soorten (Seys *et al.*, 1999; Stienen & Kuijken, 2003). In de haven van Zeebrugge komen internationaal belangrijke aantallen sterns en meeuwen tot broeden.

De zandbanken in de Belgische Zeegebieden blijken van groot belang voor rustende zeevogels. Seys *et al.* (1999) stelde vast dat de hoogste densiteiten van zeevogels gevonden worden op de hellingen van deze zandbanken. Tijdens de migratieperiodes in de lente en de herfst wordt de grootste diversiteit waargenomen.

Naast typische zeevogels komen ook niet-zeevogels, zoals zangvogels, voor boven het BDNZ. Tijdens tellingen op zee werd door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO) opmerkelijke trekintensiteit van zangvogels vastgesteld (Vanermen *et al.*, 2006).

Op basis van verschillende wetenschappelijke rapporten en rekening houdend met de Europese Vogelrichtlijn (79/409/EEG), werden in 2005 drie speciale beschermingszones voor vogels (SBZ-V) in het BDNZ ingesteld: SBZ-V1- Nieuwpoort (grote stern *Sterna sandvicensis* en fuut *Podiceps cristatus*), SBZ-V2- Oostende (grote stern, fuut, visdief *Sterna hirundo*, dwergmeeuw *Larus minutus*) en SBZ-V3- Zeebrugge (grote stern, visdief, dwergmeeuw).

De Bligh Bank en de omliggende gebieden (inclusief de Seastar concessie) zijn van belang voor verschillende soorten zeevogels. Tijdens bepaalde periodes komen dwergmeeuw (herfst en winter), grote stern (lente migratie en zomer) en visdief (zomer) er geconcentreerd voor (Vanermen en Stienen, 2009). Deze soorten zijn alledrie opgenomen in de Bijlage I van de Vogelrichtlijn en de Appendix II van de Bern conventie. Zowel visdief als grote stern zijn ook vermeld in Appendix II van de Bonn conventie. Van deze soorten is ook bekend dat een erg groot deel van de Europese biogeografische populatie doorheen de Zuidelijke Noordzee migreert (67% voor grote stern, 56 % voor visdief en 40 tot 100% voor dwergmeeuw; Wetlands international, 1997). Andere soorten die ook in hoge aantallen kunnen voorkomen zijn jan-van-gent *Morus bassanus*, stormmeeuw *Larus canus*, kleine mantelmeeuw *Larus fuscus*, grote mantelmeeuw *Larus marinus*, drieteenmeeuw *Rissa tridactyla*, alk *Alca torda* en zeekoet.

De effecten van de constructie en exploitatie van een windmolenpark op vogels zijn afhankelijk van tal van factoren, waaronder de lokale omgeving, de soorten die aanwezig zijn in dat gebied en de gebruikte technologie. Daardoor kan de impact per locatie verschillen en dienen de effecten per windmolenpark te worden beoordeeld (Drewitt & Langston, 2006).

De aanwezigheid van vleermuizen boven het Belgisch deel van de Noordzee vormt een leemte in onze kennis. Vleermuizen worden slechts zelden waargenomen tijdens zeevogeltellingen omdat ze voornamelijk in de vroege ochtend en bij valavond actief zijn. Het is wel gekend dat bepaalde soorten oa. de ruige dwergvleermuis *Pipistrellus nathusii* over het BDNZ migreren. Genetisch onderzoek laat een uitwisseling van genen van de ruige dwergvleermuis tussen Groot Brittannië en het vaste land zien. In Zweden zijn groepen rosse vleermuis *Nyctalus noctula* en ruige dwergvleermuis waar te nemen die over zee in zuidwestelijke richting migreren (Limpens *et al.*, 2007). Recent werd met behulp van ultrasone recorders aangetoond dat vleermuizen voorkomen in de Nederlandse windmolenparken OWEZ en prinses Amalia, op respectievelijk 15 en 23 km van de kust (Lagerfeld *et al.*, 2013). In 98 % van de registraties betrof het de ruige dwergvleermuis en in 2% om de rosse vleermuis. Het gaat hier vermoedelijk om migrerende of foeragerende individuen. In offshore windmolenparken in het buitenland werd naast ruige dwergvleermuis en rosse vleermuis ook kleine dwergvleermuis *Pipistrellus pygmaeus*, en de bedreigde bosvleermuis *Nyctalus leisleri* waargenomen (Ahlén *et al.*, 2007, Jonge Poerink *et al.*, 2013).

Het doel van deze evaluatie is de aanvaardbaarheid van de effecten van het Seastar project en de cumulatieve effecten van alle windmolenparken in het BDNZ op vogels en vleermuizen te beoordelen en eventuele mitigerende maatregelen voor te stellen. Vervolgens wordt een gepaste monitoring opgezet die toelaat om eventuele leemtes in de kennis in te vullen.

## 12.2 Te verwachten Effecten

### 12.2.1 Constructiefase

Tijdens de constructie zijn de voornaamste effecten verstoring door de productie van geluid en trillingen ten gevolge van het heien van palen, het kabelleggen en de toegenomen scheepstrafiek en een verhoogde turbiditeit in de waterkolom door baggerwerkzaamheden.

De effecten tijdens de constructiefase van windmolenparken in Denemarken bleken soortspecifiek te zijn. Alkachtigen vermeden de zone, terwijl zilvermeeuw *Larus argentatus* aangetrokken werd door de scheepvaartactiviteit en de mogelijkheid om te rusten op de constructies in aanbouw (Christensen *et al.*, 2003; Petersen *et al.*, 2006). Voor de verstoringgevoelige soorten gaat de constructiefase gepaard met tijdelijk habitatverlies. Dit betekent dus een verstoring in het volledige projectgebied, i.e. 18.3 km<sup>2</sup> (initiële concessiegebied) – 20.3 km<sup>2</sup> (uitgebreid concessiegebied), voor één of twee jaar (afhankelijk van de fasering van het project).

Het onderwatergeluid veroorzaakt door heiwerkzaamheden zorgt voor een erg hoge geluidsdruk in de waterkolom. Zo werd bij het heien van funderingen voor het Belwind windmolenpark een onderwatergeluid van 194 dB re 1 µPa, genormaliseerd tot 750 m van de bron, geproduceerd (Norro *et al.*, 2012). Tijdens het heien van de pinpiles voor de jacket-funderingen van de fase II en III van het C-Power windpark was dit 172 tot 189 dB re 1 µPa, genormaliseerd tot 750 m van de bron. Bij het heien van de turbinepalen bij de aanleg van een windpark op acht zeemijl ten noordwesten van IJmuiden (Nederland) werden er (bij een beperkt aantal waarnemingen) echter geen negatieve effecten vastgesteld op duikende vogels, die het meest kwetsbaar zijn voor onderwatergeluid (Leopold & Camphuysen, 2007).

Heien heeft vermoedelijk ook een negatief effect op vislarven. Initieel werd er aangenomen dat binnen een straal van 1 km van de heilocatie alle vislarven gedood worden (Prins *et al.*, 2009). Dit is echter een worst case scenario en initiële resultaten tonen aan dat dit een overschatting betreft (zie ook Hoofdstuk 10 Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen). Zo werden er geen significante effecten gevonden op de larvale stadia van tong *Solea solea* in een laboratoriumopstelling waar heigeluid tot op een minimum van 100 m werd nagebootst (Bolle *et al.*, 2011; 2013b). Deze resultaten kunnen echter niet geëxtrapoleerd worden voor andere soorten maar tonen wel aan dat de modelresultaten van Prins *et al.* (2009) een overschatting zijn, alvast voor wat tong betreft. Indien heien echter significant negatief zou blijken voor vislarven dan kan dit tot een verminderd voedselaanbod leiden voor visetende vogelsoorten en als dusdanig de kwaliteit van het foeragegebied verminderen.

De volumes zand die gebaggerd en teruggestort worden zijn afhankelijk van de gekozen configuratie en funderingstype. Indien er voor monopile (MP) funderingen of jacket funderingen wordt gekozen wordt er per fundering respectievelijk 19.000 m<sup>3</sup> en 16.000 m<sup>3</sup> sediment uitgegraven om de funderingslocatie te nivelleren (voor MPs is dit enkel nodig voor de helft van de turbines). Dit zand

wordt permanent gestockeerd. Indien er echter gravitaire funderingen worden gebruikt, wordt er 90.000 m<sup>3</sup> sediment per fundering gebaggerd om een funderingsput te maken. Na het plaatsen van de fundering wordt dit sediment mogelijks gebruikt om de funderingsput terug op te vullen (backfill) of als ballast in de fundering (infill) (IMDC, 2013a). Bij een worst case scenario (configuratie 1 met gravitaire funderingen en funderingsputten van 7,5 m diep voor alle turbines), rekening houdend met stortverliezen, zal er meer dan 5.670.000 m<sup>3</sup> sediment gebaggerd en teruggestort worden (voor details zie hoofdstuk 6 van deze MEB). Deze werken zullen zorgen voor een tijdelijke turbiditeitsverhoging. Het is duidelijk dat dit effect het grootst zal zijn bij gravitaire funderingen.

In de Seastar concessie is vooral middelmatig tot grof zand te vinden, hierdoor zal de verhoging van de turbiditeit waarschijnlijk beperkt blijven in tijd en ruimte. De resultaten van de modelstudie die werd uitgevoerd in het kader van dit project (IMDC, 2013b) bevestigen dit. Deze studie besluit dat, in een worst case scenario, de achtergrondwaarde niet langer dan 3,5 h (10% van de tijd) overschreden wordt tijdens de volledige baggerwerken van één funderingsput. Tijdens die periode van 3,5h heeft de dumppluim een afstand van ongeveer 2400 m afgelegd. De pluim zelf wordt nooit groter dan 700 m in doorsnede. Indien er echter toch sprake zou zijn van een langdurige turbiditeitsverhoging dan vormt dit een verstoring voor op het zicht jagende vogels zoals grote stern, visdief en kleine mantelmeeuw.

Bij de eventuele aanlanding van een export kabel in Zeebrugge wordt het vogelrichtlijngebied SBZ-V3 (aangeduid voor grote stern, visdief en dwergmeeuw) doorkruist. Verhoogde turbiditeit en verstoring zullen een plaatselijk en tijdelijk negatief effect op deze soorten hebben. Het valt te verwachten dat deze effecten gering zullen zijn. Bij de aanlanding van de kabel van C-Power in Oostende en van Belwind in Zeebrugge werden geen grote verstoringen vastgesteld.

### 12.2.2 Exploitatiefase

De effecten van windmolenparken tijdens de exploitatiefase op vogels zijn op te delen in twee componenten: een directe en een indirecte. Enerzijds is er de directe mortaliteit door aanvaring van vogels met turbines met een verhoogde mortaliteit binnen de populatie tot gevolg (i.e. aanvaringsaspect), anderzijds zijn er indirecte effecten als gevolg van fysische wijzigingen van het habitat. De aanwezigheid, beweging of het geluid van de turbines zorgen voor een verandering van het oorspronkelijke habitat en kunnen leiden tot veranderingen in de verspreiding en de densiteiten van vogels (i.e. 'displacement' effect). Vogels kunnen aangetrokken worden door nieuw beschikbare rustplaatsen of een verhoogde voedselbeschikbaarheid, of ze kunnen verstoord worden en hierdoor het gebied gaan vermijden. Een tweede indirect effect is het barrière effect, i.e. de verstoring van vliegende vogels door de aanwezigheid van het windmolenpark (Desholm *et al.*, 2005; Fox *et al.*, 2006; Drewitt & Langston, 2006; ...).

#### 12.2.2.1 Aanvaringsaspect

Het aanvaringsrisico is afhankelijk van een groot aantal factoren zoals de aanwezige soorten, aantal vogels en hun gedrag, weersomstandigheden, de rotorhoogte en -snelheid van de turbines, de configuratie van het windmolenpark en de aanwezige verlichting (Drewitt & Langston, 2006). Veranderende weersomstandigheden kunnen het aanvaringsrisico beïnvloeden. Zo is bekend dat meer aanvaringen gebeuren bij slechte zichtbaarheid door mist en regen en 's nachts (Karlsson, 1983; Erickson *et al.*, 2001; Stienen *et al.*, 2002). Migrerende vogels gaan ook lager vliegen bij lage bewolking of bij sterke tegenwind en worden zo gevoeliger voor aanvaringen (Winkelman, 1992; Richardson, 2000).

Het is bekend dat zowel 's nachts als overdag veel trekbewegingen op zee plaatsvinden en dat er soms sprake is van massale trek van bijvoorbeeld zangvogels, die zich tot ver op zee uitstrekt (Buurma, 1987; Alerstam, 1990; Vanermen *et al.*, 2006). Zo werden er tijdens de nacht van 21 en 22 oktober 2012 met een radarinstallatie in het C-Power windmolenpark pieken tot 570 (groepen van) vogels per km op rotorhoogte waargenomen. Dit waren hoogstwaarschijnlijk migrerende lijsterachtigen. Het zijn vooral niet-zeevogels die tijdens de trek aangetrokken worden door obstakels op zee en er vooral tijdens slechte weersomstandigheden proberen neer te strijken (zogenaamde 'falls') (Hüppop *et al.*, 2006). Tijdens dergelijke 'falls' is het dus mogelijk dat er een groot aantal aanvaringsslachtoffers vallen, al is dat nu niet in te schatten.

Op dit moment zijn er van geen enkel offshore windmolenpark betrouwbare gegevens beschikbaar over het aantal aanvaringsslachtoffers. Dit aantal wordt voorlopig geschat op basis van een collision risk model (CRM) dat rekening houdt met het aantal turbines, rotorhoogte, configuratie van het park, de vlieghoogte, het aantal vliegbewegingen (flux) en het ontwijkgedrag (e.g. Band *et al.*, 2007; Band 2012). Bij een hoge flux, zoals waargenomen in de nacht van 21 op 22 oktober 2012 in het C-Power windmolenpark, betekent dit volgens het CRM dat er op deze ene nacht ca. 20 aanvaringsslachtoffers zouden vallen in het C-Power windmolenpark. Bij de beoordeling van dit cijfer is het van groot belang om zich bewust te zijn van het feit dat er tijdens dergelijke nacht enorm hoge aantallen zangvogels passeren. Het valt te verwachten dat deze resultaten gelijkaardig zijn in het Seastar windmolenpark (Vanermen *et al.*, 2013).

Op basis van visuele waarnemingen werd er berekend dat er ca. 2.4 meeuwen in aanvaring zullen komen per turbine per jaar in het windmolenpark op de Bligh Bank. Meeuwen zijn het gevoeligst voor aanvaringen aangezien ze vaak op rotorhoogte vliegen. Voor soorten die minder op rotorhoogte waargenomen worden zal dit aantal lager zijn. Zo worden alkachtigen, sterns en dwergmeeuw zelden of nooit op rotorhoogte waargenomen. Voor deze soorten zullen het aantal aanvaringen dan ook erg laag zijn (Vanermen *et al.*, 2013).

In Tabel 12.1 worden op basis van dezelfde waargenomen densiteiten van vliegende vogels in het Belwind windmolenpark de geschatte aantallen aanvaringsslachtoffers bij meeuwen weergegeven voor de verschillende Seastar configuraties. Op basis van deze schattingen zijn de basisconfiguratie en configuratie 3 te verkiezen boven de configuraties 1 en 2.

In het OWEZ windmolenpark in Nederland werd er berekend dat er jaarlijks 6.9 meeuwen in aanvaring komen per turbine. Dit verschil valt te verklaren door het feit dat het OWEZ park dichter bij de kust is dan Belwind (respectievelijk 10 en 40 km) en dat de densiteit aan vogels bijgevolg veel hoger is.

Tabel 12.1 Geschat aantal meeuwen dat in aanvaring komt met de Seastar turbines voor de verschillende configuraties, op basis van de waargenomen densiteiten van vliegende vogels in het Belwind windmolenpark, het aantal turbines, de lengte van de wiken en de vlieghoogtes van de waargenomen vogels.

	Total aantal /jaar	Aantal/jaar/turbine
basisconfiguratie	128	3.12
configuratie 1	201	3.24
configuratie 2	200	3.70
configuratie 3	164	3.81

Bijkomende visuele en radarwaarnemingen zijn nodig om een meer accuraat beeld te verkrijgen van de flux, vlieghoogte en het ontwijkgedrag van vogels. Dit zorgt voor een betere input in de aanvaringsmodellen en dus voor meer betrouwbare resultaten. Om een echt accuraat beeld te krijgen van het aantal aanvaringen moeten deze geregistreerd kunnen worden met gespecialiseerde apparatuur (DT-bird, WT-bird), i.p.v. deze aantallen te schatten.

Het in aanvaring komen met turbines is het belangrijkste effect van windmolenparken op vogels omdat het de natuurlijke mortaliteit van de populatie verhoogt (Johnson *et al.*, 2002). Zeevogels zijn langlevende soorten met weinig nakomelingen en hoge broedzorg. Bij dergelijke soorten kan een licht verhoogde mortaliteit toch significante effecten hebben op populatieniveau (Drewitt & Langston, 2006). In een modelstudie van Poot *et al.* (2011) wordt besloten dat de bijkomende mortaliteit door een enkel windmolenpark bij geen enkele soort zorgt voor een neerwaartse trend in populatiegrootte.

Recente resultaten van Vanermen *et al.* (2013) suggereren dat het windmolenpark op de Thorntonbank een aantrekkende werking heeft op grote mantelmeeuw, drieteenmeeuw, dwergmeeuw, grote stern en visdief en dat kleine mantelmeeuw en stormmeeuw door het windmolenpark op de Bligh Bank worden aangetrokken. Als deze trend zich verderzet, dan zorgt een verhoogde activiteit van deze soorten in het windmolenpark voor een hoger aanvaringsrisico (Vanermen *et al.*, 2013). Dit kan gevolgen hebben voor de bescherming van grote stern, visdief en dwergmeeuw, drie soorten die opgenomen zijn in de Bijlage I van vogelrichtlijn. Er dient wel te worden opgemerkt dat bij deze soorten slechts 1 à 2 % van de waargenomen individuen op rotorhoogte vloog en dat het verwachte aantal aanvaringssslachtoffers bijgevolg laag is voor deze soorten. Verder onderzoek zal uitwijzen of deze aantrekking zich verderzet in de komend jaren.

Het is hier ook van belang om de mogelijke aanvaringen<sup>10</sup> van vleermuizen met turbines te vermelden, aangezien de vaststellingen in Nederland doen vermoeden dat vleermuizen ook in de windmolenparken in het BDNZ voorkomen. Van windturbines op land is reeds enige tijd geweten dat ze ernstige schade kunnen veroorzaken aan lokale vleermuizenpopulaties (voor een overzicht van de literatuur zie Rydell *et al.*, 2012). Op basis van monitoringsresultaten heeft men algoritmes kunnen ontwikkelen die de mortaliteit van vleermuizen door windturbines met meer dan 95% doen afnemen door de turbines op specifieke tijdstippen uit te schakelen (Bach *et al.*, 2013). De hypothese bestaat dat vleermuizen aangetrokken worden door de verlichte structuren en er bestaan gevallen waarin vleermuizen overnachten op het OHVS of in de nacelle (transformatorkast) van offshore windturbines (Ahlén *et al.*, 2007). Ahlén *et al.* (2009) maken ook melding van vleermuizen die foerageren rond de wieken van windmolens. Deze waarnemingen leiden tot bezorgdheid omtrent het in aanvaring komen van vleermuizen met de turbines, wat zorgt voor additionele mortaliteit in de populaties.

#### 12.2.2.2 Verstoringsaspect: Veranderingen in aantallen en verspreiding door wijziging van het habitat

Door de bouw van een windmolenpark wordt een habitat fysisch gewijzigd. Op de locaties waar er turbines gebouwd worden, is er sprake van ‘fysisch’ habitatverlies. Het gebied dat bepaalde soorten gaan vermijden als rust- of foerageergebied als reactie op de aanwezigheid van de turbines is het ‘effectieve’ habitatverlies (Fox *et al.*, 2006). Voor soorten die het toekomstige park gaan vermijden

<sup>10</sup> Voor vleermuizen worden hier onder aanvaringen ook de (lethale) barotrauma's opgenomen die vleermuizen kunnen oplopen wanneer ze zich in het zog van een wijk bevinden.



betekent dit project een effectief habitatverlies van minimaal 18,4 en maximaal 20,3 km<sup>2</sup> (i.e. respectievelijk 0,53 en 0,59 % van het BDNZ). Dit is *sensu stricto* de oppervlakte van het park. Het is niet uitgesloten dat sommige soorten ook een bufferzone rond het park zullen vermijden. Dit werd onder meer aangetoond bij jan-van-gent in het Horns Rev park (Denemarken), waar een reductie van 80% in een straal van twee tot vier kilometer rond het windpark werd vastgesteld. Er werd aangenomen dat dit in het park praktisch 100% was. Er werd ook vermijdingsgedrag aangetoond bij alk, zeekoet en duikers. Bij meeuwen was dit minder het geval (Petersen *et al.*, 2006). Voor Jan-van-gent en dwergmeeuw werd er ook vermijdingsgedrag vastgesteld in het Nederlandse OWEZ windmolenpark. Ook grote stern en dwergmeeuw verkozen meestal om rond het OWEZ park te vliegen in plaats van erin (Leopold *et al.*, 2011).

Vanermen *et al.* (2013) tonen aan dat jan-van-gent, zeekoet en alk het windmolenpark op de Bligh Bank vermijden. Kleine mantelmeeuw en stormmeeuw worden er toe aangetrokken. Verder suggereren de resultaten dat het windmolenpark op de Thorntonbank een aantrekkende werking heeft op grote mantelmeeuw, dwergmeeuw, grote stern en visdief, terwijl stormmeeuw het park vermijdt. In het Deense park Horns Rev werd eveneens aantrekking van grote stern waargenomen (Petersen *et al.*, 2006).

Een verklaring voor het aantrekkingsgedrag van bepaalde soorten is mogelijks dat het windmolenpark rustplaatsten biedt of dat het een referentie is in de open zee. De aantrekking van stern en visdief suggereert daarenboven een verhoging van het voedselaanbod in de windmolenparken. Ook in de voorgaande hoofdstukken werd aangetoond dat de aangroei van epifauna op de nieuwe harde substraten (i.e. windmolenfunderingen), de toename van vissen rond de turbines en het visverbod dat van kracht is in de windmolenparken een verandering teweeg brengen in de voedselbeschikbaarheid (zie ook Reubens *et al.*, 2010 en 2011; Rumes *et al.*, 2013c).

In het Nederlandse OWEZ (op 10 tot 18 km van de kust) park werd vastgesteld dat er een aantrekkend effect is op aalscholvers *Phalacrocorax carbo*. Die gebruiken de structuren in het windmolenpark als uitvalsbasis om te foerageren (Leopold *et al.*, 2011). Camphuysen (2011) toonde aan dat voor verschillende meeuwensoorten waaronder kleine mantelmeeuwen, de Nederlandse windmolenparken ook erg aantrekkelijk zijn, als rustgebieden. Zo trekt de centrale controle toren van het Prinses Amalia park (23 km van de kust) meeuwen aan tot in het hart van het park omdat het veel rustplaatsen biedt. Dit werd ook waargenomen in de winter van 2011-2012 op de Thorntonbank, waar de jacket-funderingen (toen nog zonder turbines) veelvuldig als rustplaats werden gebruikt door meeuwen.

Camphuysen (2011) deed ook onderzoek naar het foerageergedrag van kleine mantelmeeuwen uit de kolonie op Texel. Hiervoor werden een aantal vogels uitgerust met een GPS-logger. Deze data tonen aan dat de windmolenparken OWEZ en Q7, die respectievelijk 48 km en 57 km van de kolonie verwijderd zijn, binnen de foerageerrange liggen van de onderzochte kleine mantelmeeuwen. Gelijkaardig onderzoek waarbij kleine mantelmeeuwen en zilvermeeuwen uit de kolonie in Zeebrugge gezenderd werden is lopende. De resultaten hiervan zullen meer inzicht geven in het foerageergedrag van deze dieren en of ze al dan niet foerageren in de windmolenparken.

De voorgaande vaststellingen doen vermoeden dat er minder vermijdingsgedrag optreedt bij zeevogels dan initieel verwacht, en dat er zelfs sprake is van aantrekking bij bepaalde soorten. Dit is, zoals eerder vermeld, enerzijds positief in het kader van habitatverlies, anderzijds zijn de soorten die niet verstoord worden of zelfs aangetrokken worden door windmolenparken gevoeliger voor aanvaringen. Van deze soorten is kleine mantelmeeuw het gevoeligst voor aanvaringen doordat ze

vaak op rotorhoogte vliegen (22%) en doordat ze groot en weinig wendbaar zijn. De aanvaringskans voor stern en wordt laag ingeschat (Vanermen *et al.*, 2013).

Samenvattend wordt er verwacht dat bepaalde soorten, zoals aalscholver, meeuwen en stern en mogelijks aangetrokken zullen worden door het Seastar windmolenpark en dat andere soorten (e.g. jan-van-gent, alkachtigen) het park zullen vermijden.

#### 12.2.2.3 Verstoring: barrière effect

Zoals hierboven vermeld migreren er jaarlijks, naar schatting, 1 – 1,3 miljoen zeevogels door de Zuidelijke Noordzee, en bijgevolg ook door de ‘flessenhals’ ter hoogte van het kanaal (Stienen *et al.*, 2007). Dit is dus een erg belangrijke corridor voor migrerende zeevogels en niet-zeevogels (Buurma, 1987; Alerstam, 1990; Vanermen *et al.*, 2006).

Resultaten van radarstudies en visuele waarnemingen in Horns Rev en Nysted tonen aan dat vogels hun vliegrichting aanpassen wanneer ze in de buurt van offshore windmolenparken komen. In Horns Rev ontweek 71 tot 86 % van de vogels het park als ze op een afstand van 1,5 – 2 km waren, om dan tot meer dan vijf km rond de buitenkant van het park te vliegen. In Nysted was dit 78 %. 's Nachts gebeurt de wijziging van de vliegrichting dicht bij het park (op ca. 0,5 km afstand van het park) dan overdag maar de ontwijkpercentages zijn even hoog. Er is dus sprake van een barrière-effect van offshore windmolenparken op migrerende vogels (Fox *et al.*, 2006; Petersen *et al.*, 2006).

Recent onderzoek in het Nederlandse OWEZ windmolenpark stelde vast dat de meeste soorten overdag ontwijkgedrag vertoonden. De afstand van het windmolenpark waarop dit gebeurde varieerde tussen de 200 m en enkele kilometer. 's Nachts werd er veel minder ontwijkgedrag vastgesteld (Krijgsveld *et al.*, 2010). Ganzen vertoonden de sterkste reactie op het park, vaak gepaard met paniek gedrag. De afstand waarop dit gebeurde was tussen de 0,5 en 1 km van het park, vervolgens vlogen ze rond het volledige park. Zangvogels, die de meerderheid uitmaken van de migrerende vogels in dat gebied, vermeden het volledige park. Finaal werd besloten dat 18 – 34% minder vogels in het OWEZ windpark vlogen dan erbuiten (Krijgsveld *et al.*, 2011).

Plonczkier & Simms (2012) stelden vast dat groepen kleine rietgans *Anser brachyrhynchus* in 94,5 % van de gevallen vermijdingsgedrag vertoonden in reactie op offshore windmolenparken voor de kust van Lincolnshire (UK). Zij concludeerden dat in 97,25% van de gevallen de kleine rietganzen zonder enig risico op additionele mortaliteit door het gebied konden migreren.

Dit aanpassen van de vliegrichting om het windturbineparken te vermijden, betekent een gering negatief effect op de avifauna, het barrière-effect impliceert immers dat de migrerende vogels een langere weg moeten afleggen, met een verhoogde energieconsumptie tot gevolg (Drewitt & Langston, 2006). Dit effect is echter verwaarloosbaar gezien de grote afstanden die migrerende vogels afleggen (Masden *et al.*, 2009, 2010; Poot *et al.*, 2011). Bijkomend zorgt dit vermijdingsgedrag er ook voor dat de kans op aanvaring met turbines, tijdens de migratie, daalt.

Verder onderzoek met de radarinstallatie op de Thorntonbank zal meer uitsluitsel geven over de grootte van dit barrière effect veroorzaakt door de windmolenparken in het BDNZ.

### 12.2.3 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen, wat betreft biotoopverlies en resuspensie van fijne sedimenten, vermoedelijk gelijkaardig zijn aan deze tijdens de bouwphase. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden bij de verwijdering van monopiles en jacket funderingen en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de effecten van eventueel verhoogd onderwatergeluid. Na de afbraakfase dient nagegaan te worden of er zich al dan niet een terugkeer zal voordoen naar de initiële situatie.

### 12.2.4 Cumulatieve effecten

De bouwperiodes van verschillende windparken in het BDNZ zullen mogelijks overlappen. Er mag dan aangenomen worden dat het cumulatieve effect van de bouw van de parken bestaat uit de som van de effecten van de bouw voor elk van de parken afzonderlijk. Het cumulatieve effect van de werken aan de verschillende parken zorgt, voor verstoringsevoelige soorten, voor een tijdelijk habitatverlies en een mogelijke verhoging van de turbiditeit wat een vermindering in voedselbeschikbaarheid tot gevolg kan hebben. Momenteel is het moeilijk in te schatten hoeveel parken er gelijktijdig zullen gebouwd worden en wat dus de omvang van dit cumulatief effect zal zijn. Echter, gezien de beperkte duur en de lokale aard van deze effecten, zijn deze aanvaardbaar.

Het aantal aanvaringen van vogels met windmolens wordt laag ingeschat (Vanermen & Stienen, 2009; Krijgsveld *et al.*, 2011; Plonczkier & Simms, 2012; Vanermen *et al.*, 2013). Het is echter mogelijk dat het aantal aanvaringsslachtoffers van alle windparken samen een significant effect hebben op populatieniveau. Omdat zeevogels lang leven en jaarlijks een laag aantal jongen groot brengen, kan een licht verhoogde mortaliteit op lange termijn toch een significant negatief effect hebben op de populatie (Drewitt & Langston, 2006). Een modelstudie van Poot *et al.* (2011) maakt een inschatting van het aantal aanvaringsslachtoffers van 11 windmolenparken in het Nederlands deel van de Noordzee. Dit werd gedaan door de gegevens die verzameld werden in het OWEZ park te extrapoleren. Volgens deze extrapolatie zouden het aantal aanvaringsslachtoffers bij de alle soorten (behalve bij zilvermeeuw) niet voor een negatieve trend zorgen in de populatiegrootte.

Extrapolatie van het geschatte aantal aanvaringen op de Bligh Bank naar Noordzee-schaal, rekening houdend met de gekende populatiegrootte van deze soorten, de gekende mortaliteit bij adulte dieren en de plannen om ca. 14,000 windturbines te bouwen in de volledige Noordzee, resulteert in een extra mortaliteit die bij kleine en grote mantelmeeuw mogelijks groter is dan 5 %. Deze 5 % is wat aangenomen wordt als een grenswaarde, die bij overschrijding een achteruitgang van de populatie kan betekenen. Dit is vanzelfsprekend een extrapolatie op basis van beperkte gegevens, maar het toont aan dat hoewel het aantal aanvaringen in een enkel park laag zijn, de cumulatieve effecten toch een impact kunnen hebben op de populaties. Om dit effect op populatieniveau meer nauwkeurig in te schatten zal er, naast een set van soortspecifieke grenswaarden, ook nood zijn aan een internationale uitwisseling van gegevens en een betere inschatting van het werkelijk aantal aanvaringen.

Voorlopig is het vermijdingsgedrag van bepaalde soorten tijdens de exploitatie van windmolenparken op zee, zoals vastgesteld door Petersen *et al.* (2006), Leopold *et al.* (2009) en Vanermen *et al.* (2013), site- en soortspecifiek. Indien blijkt dat bepaalde soorten de volledige zone bestemd voor elektriciteitsproductie zullen vermijden, betekent dit voor deze soorten een habitatverlies van 238 km<sup>2</sup>

of 6,9 % van het BDNZ. Dit kan voor bepaalde soorten zelfs meer zijn aangezien bepaalde soorten zelfs de zone rond windmolenparken vermijden.

Een laatste cumulatief effect is het barrière-effect van de bestaande en geplande parken samen. Ontwijkgedrag van migrerende vogels als reactie op offshore windmolenparken is bekend (Krijgsveld *et al.*, 2011; Plonczkier en Simms, 2012). Ze doen dit door hun richting en/of vlieghoogte aan te passen. De oriëntatie van de volledige zone die aangeduid is voor electriciteitsproductie in het BDNZ (loodrecht op de migratierichting) is in dat opzicht niet gunstig. De verschillende windmolenparken zullen mogelijk een aaneengesloten barrière vormen, van ca. 35 km breed, en dat in een stuk waar het Kanaal tussen het vasteland en Groot-Brittannië ca. 140 km breed is. Indien vogels rond de volledige zone zullen vliegen en ook windmolenparken in Nederlandse en vooral Engelse wateren moeten ontwijken, zorgt dit voor een verhoogd energieverbruik bij de trekkende vogels (Drewitt & Langston, 2006). Zeker indien men in acht neemt dat dit voor bepaalde soorten gepaard gaat met paniekreacties, zoals beschreven voor ganzen door Krijgsveld *et al.* (2010). Tijdens de voor- en najaarsmigratie leggen migrerende vogels echter dergelijk grote afstanden af dat het niet te verwachten valt dat die bijkomende afstand rondom de volledige windmolenzone een significant negatief effect is (Masden *et al.*, 2009, 2010; Poot *et al.*, 2011).

### 12.2.5 Grensoverschrijdende effecten

De Nederlandse overheid heeft zijn bezorgdheid uitgedrukt over de mogelijke aanvaringsslachtoffers van vogels uit de Nederlandse kolonies door de realisatie van het voorliggend project. De broedkolonie van kleine mantelmeeuw in het Veerse Meer bevindt zich op de Middelpaten en soms op de goudplaat, op respectievelijk 60,2 en 55,3 km van de Seastar site. Het Seastar windmolenpark zal zich dus binnen de foerageer range van de kleine mantelmeeuwen in het Veerse Meer bevinden, zoals werd aangetoond door Camphuyzen (2011). Voor grote stern is bekend dat de foerageervluchten oplopen tot 45 km van de kolonie (Garthe en Flore, 2007). De afstand van Seastar tot de sternkolonie op de Hooge platen in het gebied Westerschelde – Saefthinge is 56,4km en dus waarschijnlijk buiten de range van foeragerende grote stern. Rekening houdende met deze foerageerstanden, is het niet ondenkbaar dat meeuwen, stern en aalscholvers vanuit de vogelrichtlijngebieden SBZ-V3 Zeebrugge (BE), Voordelta (NL), Westerschelde – Saefthinge (NL), Oosterschelde (NL) en Grevelingen (NL) tot in de projectlocatie komen om te foerageren. Scheepstellingen tijdens het broedseizoen doen vermoeden dat er voorlopig weinig stern tot aan de windmolenparken vliegen om te foerageren (enkel grote stern af en toe), maar dat dit mogelijks wel het geval is voor meeuwen.

Voor aalscholvers en stern, die meestal onder de rotorhoogte vliegen, wordt er verwacht dat het aantal aanvaringsslachtoffers zeer laag zal zijn. Meeuwen, zoals eerder besproken, maken meer kans om in aanvaring te komen. In een modelstudie van Poot *et al.* (2011) wordt besloten dat de bijkomende mortaliteit door een enkel windmolenpark bij geen enkele soort zorgt voor een neerwaartse trend in populatiegrootte. Diezelfde modelstudie maakt een inschatting van het aantal aanvaringsslachtoffers van 11 windmolenparken in het Nederlands deel van de Noordzee, op basis van de gegevens die verzameld werden in het OWEZ park te extrapoleren. Volgens deze extrapolatie zouden het aantal aanvaringsslachtoffers bij de alle soorten (behalve bij zilvermeeuw) niet voor een negatieve trend zorgen in de populatiegrootte. Er wordt dus niet verwacht dat de realisatie van dit project, en bij uitbreiding alle geplande windmolenparken in het Belgisch deel van de Noordzee, een

negatief effect zullen hebben op de populaties sterns, meeuwen en aalscholvers in de Nederlandse Natura 2000-gebieden en dat de instandhoudingsdoelstellingen van deze gebieden, voor wat betreft avifauna, niet in het gedrang komen.

## 12.3 Besluit

### 12.3.1 Aanvaardbaarheid

Gezien de relatief kleine omvang van het park tegenover het verspreidingsgebied van de eventuele getroffen soorten, en gezien de geringe effecten die verwacht worden op de individuele dieren en hun populaties is de BMM van oordeel dat de bouw en exploitatie van het Seastar windpark, voor wat betreft de mogelijke effecten op vogels en vleermuizen, aanvaardbaar is (voor alle mogelijke configuraties en technieken). Er zijn momenteel echter nog een groot aantal leemten in de kennis betreffende de effecten op vogels:

- effect van de mogelijke verhoging van de turbiditeit op de foerageer-efficiëntie van visetende vogels;
- het belang van het projectgebied als migratieroute;
- het belang van het projectgebied als foerageergebied voor vogels uit broedkolonies aan de Belgische en Nederlandse kust;
- het vermijdingsgedrag van lokale vogels ten gevolge van het Seastar park;
- het barrière-effect en de impact op de bereikbaarheid van broed- en overwinteringsgebieden in België en Nederland.;
- het effect van aanvaringen van vogels met de turbines op populatieniveau;
- het mogelijke optreden van 'falls';
- de wijziging van het voedselaanbod in het windmolenpark;
- de cumulatieve effecten van meerdere windparken in hetzelfde gebied.

Een gepaste monitoring moet er toe bijdragen deze leemten in de kennis betreffende de effecten op vogels in te vullen.

Rekening houdende met bovenstaande beoordeling zal de basisconfiguratie het minst negatieve effecten hebben op de avifauna, gezien deze configuratie het laagste aantal turbines betreft en gezien het laagste punt van de rotor van de voorgestelde turbine 32 m bedraagt.

Indien de concessieuitbreiding wordt verleend dan is configuratie 3 verkiesbaar boven die van configuratie 1 en 2 gezien het geschatte aantal aanvaringsslachtoffers lager is bij configuratie 3. Bijkomend is het aantal turbines, en dus de turbinedensiteit (aantal turbines/km<sup>2</sup>) van de basisconfiguratie en van configuratie 3 lager dan bij configuratie 1 en 2, wat de toegankelijkheid van het park ten goede komt.

### 12.3.2 Voorwaarden en aanbevelingen

Gezien de te verwachten effecten tijdens de constructiefase gering zijn en de schaal van de effecten tijdens de exploitatiefase ongekend zijn, zijn er op dit moment geen specifieke voorwaarden of aanbevelingen.

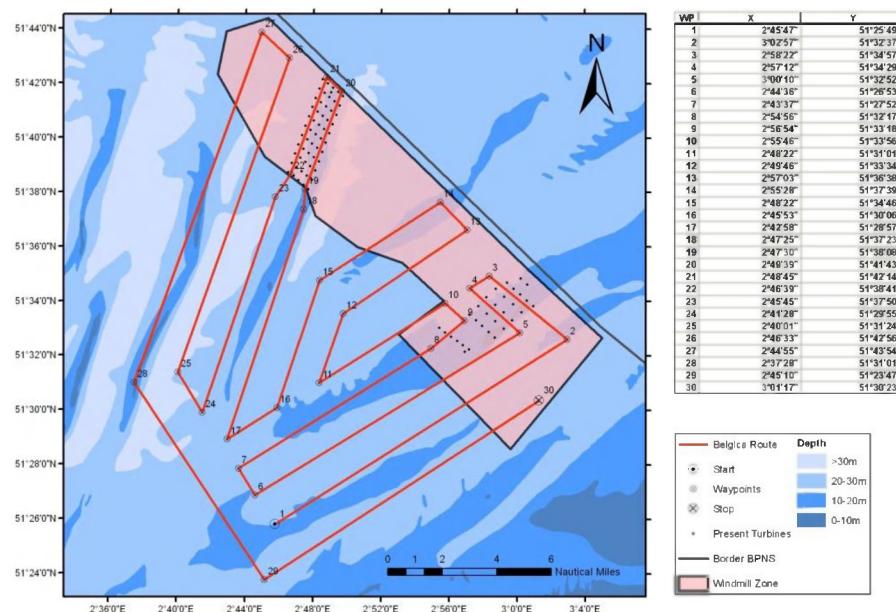
## 12.4 Monitoring

Gezien de mogelijk significante effecten op de avifauna dient een gepaste monitoring te gebeuren. De huidige monitoring is gericht op de mogelijke effecten op de densiteit en verspreiding van zeevogels, effecten op migrerende vogels, aanvaringen en de cumulatieve effecten door de aanleg van meerdere windparken in hetzelfde gebied. De resultaten van de huidige monitoring zijn gebaseerd op een beperkte dataset (slechts één concessie was volledig operationeel in 2013). Het is van belang dat deze monitoring dus wordt verdergezet om na te gaan of de eerste resultaten bevestigd. De aanwezigheid van vleermuizen in het gebied blijft een leemte in kennis en zal onderzocht worden gezien de mogelijke negatieve effecten op deze beschermde soorten.

### Zeevogeltellingen

In welke mate de offshore windmolenparken een effect hebben op de aantallen en de verspreiding van lokale zeevogels ('displacement effects') wordt onderzocht door het uitvoeren van maandelijkse schepstellingen volgens een gestandaardiseerd protocol (Tasker *et al.*, 1984). Door het herhalen van die tellingen wordt het mogelijk om verspreidingskaarten van de verschillende soorten op te maken. Het natuurlijk voorkomen van zeevogels is onderhevig aan erg hoge variabiliteit en hierdoor is het vaak moeilijk om een verandering in het verspreidingsgebied en het aantal van een bepaalde soort, die veroorzaakt wordt door een externe impact (e.g. een windmolenpark), statistisch hard te maken. Analyses van de 'statistische power' van de gegevens toonden aan dat veranderingen in aantallen van 30 tot 70 % voor de meeste soorten makkelijk aantoonbaar zijn binnen een periode van 10 jaar na de impact (Vanermen *et al.*, 2011). Indien nodig, kan de power van de data verhoogd worden door enerzijds de intensiteit van de tellingen te verhogen en anderzijds door de duur van het onderzoek te verlengen. Continuïteit van deze telgegevens is dus van groot belang om de effecten statistisch te kunnen aantonen.

De transecten in de windmolenparken (Figuur 12.1) worden sinds 2008 al maandelijks geteld. Deze track zal gewijzigd worden om ook het Seastar windmolenpark op te nemen.



Figuur 12.1. Vaarroutes om avifauna te tellen in de reeds vergunde windmolenparken en het referentiegebied.

### Radaronderzoek

Om de vliegbewegingen van vogels in de windmolenparken te bestuderen werd een automatisch radarsysteem aangekocht. Dit zal toelaten om ontwijkgedrag (horizontaal en verticaal) van migrerende vogels vast te stellen en om de flux van vogels doorheen het park te bepalen. Die fluxdata worden dan samen met de gegevens over het ontwijkgedrag (rond het volledige park en rond individuele turbines) gebruikt om een betrouwbare inschatting te maken van het aantal aanvaringsslachtoffers. De nood aan dergelijke betrouwbare data werd reeds beschreven in Vanermen en Stienen (2009) en Krijgsveld *et al.* (2010). Deze radar kan continu functioneren en zal dus ook 's nachts en in slechte weersomstandigheden de vliegbewegingen registreren. Meer informatie over dit systeem is beschikbaar in Brabant en Jacques (2009) en Brabant *et al.* (2012a). Het radarsysteem werd begin 2012 op het offshore transformator platform van C-Power geïnstalleerd. Net als voor alle andere windmolenparken zal in het monitoringprogramma een bijdrage gevraagd worden voor het verderzetten van dit onderzoek en voor het onderhoud van de installatie.

#### *Aanvaringen met turbines*

Tot dusver worden het aantal aanvaringen van vogel en vleermuizen geschat op basis van wiskundige modellen. Maar er is een grote nood aan methodes die toelaten om het reële aantal aanvaringen vast te stellen. De ontwikkelingen van gespecialiseerde apparatuur (e.g. DT-bird [www.dtbird.com](http://www.dtbird.com) en WT-bird (Wiggelinkhuizen en den Boon, 2010) zijn zeer recent en worden sinds kort ook op zee succesvol ingezet. Vooraleer er wordt overgegaan tot de aankoop van dergelijke apparatuur zullen deze ontwikkelingen verder worden opgevolgd zodat het meest geschikte systeem kan worden ingezet.

#### *Aanwezigheid vleermuizen in het impactgebied*

De inzichten dat mogelijks ook vleermuizen aanwezig zijn in windmolenparken op zee en dus ook mogelijks in aanvaring kunnen komen met turbines zijn relatief nieuw. Daarom zal er, in het kader van het monitoringprogramma, onderzocht worden welke soorten en in welke aantallen vleermuizen voorkomen in de Belgische windmolenzone. Dit kan met behulp van gerichte tellingen op zee, radaronderzoek en bat-detectoren (Rodrigues *et al.*, 2008) en zal voornamelijk plaatsvinden tijdens de migratie periodes (april-mid mei; augustus- mid oktober). Er zal voorafgaandelijk worden onderzocht hoe de beschikbare middelen het best kunnen worden ingezet om dit onderwerp te bestuderen.





## 13. Elektromagnetische velden en warmtedissipatie

- Voorliggende aanvraag betreft de aanleg en exploitatie van de parkbekabeling van het Seastar windmolenpark en drie tot vijf parallelle middenspanningskabels van het Seastar windmolenpark naar het geplande ELIA alpha platform over een afstand van ca. vijf kilometer;
- Elektromagnetische velden (EMV) die ontstaan in de buurt van de kabels bij het transport van elektriciteit zullen grotendeels teniet worden gedaan door de configuratie van drie aders in één kabel en door de afscherming rond de kabels. Dit wordt bevestigd door recente metingen in de operationele windmolenparken van C-Power en Belwind.
- Deze EMV zijn waarneembaar door verschillende mariene organismen. Er vallen echter geen significante effecten te verwachten op die organismen door de geringe verhoging van deze velden in de nabijheid van de elektriciteitskabels.
- Door kleine energieverliezen is er ook sprake van een lichte opwarming van de zeebodem in de onmiddellijke omgeving van die kabels. De geringe mate waarin dit het geval is en de begraving van de kabels zorgen ervoor dat dit geen nadelig effect zal hebben op de fauna die in of in de nabijheid van de bodem leeft.
- Het project is aanvaardbaar voor wat betreft de verhoging van elektromagnetische velden en warmtedissipatie in de nabijheid van de kabels, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden.

### 13.1 Inleiding

#### 13.1.1 Elektromagnetische velden

Elektrische kabels wekken tijdens het transport van elektriciteit Elektromagnetische velden (EMV) op. Deze bestaan uit een elektrisch veld (E-veld) en een magnetisch veld (B-veld). Een elektrisch veld is gebonden aan de spanning, uitgedrukt in volt (V). Het elektrische veld wordt dan ook gemeten in volt per meter (V/m). Hoe hoger de spanning hoe groter het E-veld. Het magnetische veld wordt veroorzaakt door de stroom die doorheen de geleider vloeit. Hoe groter de hoeveelheid stroom, hoe groter het B-veld. De eenheid van het magnetische veld is de tesla (T).

Zowel gelijkstroom (DC) als wisselstroom (AC) wekken een E-veld en een B-veld op. Er is echter een verschil tussen een B-veld opgewekt door DC of AC. DC zorgt voor een statisch E-veld, terwijl bij AC er een alternerend B-veld ontstaat. Een alternerend B-veld wekt bovendien door inductie nog een bijkomend E-veld op: het geïnduceerd E-veld (iE-veld).

#### 13.1.2 Referentiesituatie

Het aardmagnetisch veld is op de breedtegraad van de Noordzee ongeveer 50  $\mu\text{T}$  (Tasker *et al.*, 2010). Het natuurlijk achtergrondniveau van het E-veld is in de Noordzee van de grootteorde van 25  $\mu\text{V/m}$  (Koops, 2000). In het MER van het Rentel-windmolenpark wordt aangegeven dat de natuurlijke elektrische veldsterkte erg variabel is en in gebieden met hoge stroomsnelheden en sterke getijdenstromen (zoals het projectgebied) kan oplopen tot waarden van 2.500 – 3.500  $\mu\text{V/m}$  (Royal Haskoning, 2005).

### 13.1.3 Geplande bekabeling voor het Seastar project

De windturbines van het Seastar windmolenpark zullen rechtstreeks worden aangesloten aan het geplande alpha platform van de netbeheerder ELIA. De windturbines worden in series verbonden door middenspanningskabels van 66 kV. Afhankelijk van de lay-out van het windmolenpark zullen er drie tot vijf van deze series zijn, en dus zullen er drie tot vijf van deze kabels van het Seastar windmolenpark naar het hoogspanningsstation worden gelegd.

Het gebruikte kabeltype is een wisselstroom (AC) kabel met een XLPE coating. In een enkele kabel worden drie geleiders ondergebracht en is een telecommunicatiekabel geïntegreerd. Dit zijn gelijkaardige kabels als diegene die gebruikt worden door de eerder vergunde windmolenparken. Seastar plant om deze kabels ca. 1 m diep in te graven in de zeebodem.

## 13.2 Te verwachten effecten

### 13.2.1 Opwarming van de directe omgeving van de kabel(s)

Tijdens het transport van elektriciteit door een kabel gaat een beperkte hoeveelheid energie verloren in de vorm van warmte. Dit zorgt voor een opwarming van de omgeving rond de kabel. De mate waarin dit gebeurt hangt af van de kabelkarakteristieken, omgevingsfactoren, de ingraafdiepte en de hoeveelheid stroom die getransporteerd wordt. Studies hieromtrent spreken van een temperatuurstijging van de zeebodem net boven de kabel van 0,19 (BERR, 2008) tot 3 °C (Grontmij, 2006).

Het staat vast dat verschillende soorten die in het sediment leven (benthos) gevoelig zijn aan de wijziging van de omgevingstemperatuur. Momenteel zijn er echter te weinig gegevens om het effect van een temperatuurswijziging op het benthos te evalueren (OSPAR, 2012a). Door een gebrek aan eenduidige resultaten en aan relevante studies wordt het effect van opwarming van het sediment op het benthos momenteel beschouwd als een leemte in de kennis (OSPAR, 2012a).

Door de kabels in te graven wordt er verwacht dat de opwarming van de zeebodem in de toplaag lokaal en gering zal zijn, en binnen de range van de door het Duits Federaal Agentschap voor Natuurbeheer gebruikte voorzorgsmaatregel (namelijk dat de temperatuurstijging op 20 cm diep in de zeebodem in offshore wateren beperkt moet blijven tot 2K (OSPAR, 2012a)) zal blijven. Gezien de benthische fauna voornamelijk in die toplaag (bovenste 20 cm) leeft, worden er geen significant negatieve effecten verwacht op het benthos, het epibenthos en de demersale visfauna.

### 13.2.2 Elektromagnetische velden

#### 13.2.2.1 Fysisch

De symmetrische constructie van de drie aders in de kabel leidt tot een sterke reductie van elektrische en magnetische velden doordat de afzonderlijke velden elkaar grotendeels opheffen door het faseverschil in de spanningen en de stromen waardoor de EMV grotendeels geneutraliseerd zijn ter hoogte van het kabeloppervlak (OSPAR, 2008; Gerdes *et al.*, 2005). Een verdere reductie van de elektromagnetische velden wordt bekomen door de kunststof afscherming van de geleiders en door de staalmantel rond de kabel. Dit type kabel wordt momenteel het meest toegepast bij de aansluiting van offshore windmolenparken. Gill *et al.* (2005) toonden aan dat de afscherming van die kabels ervoor

zorgt dat het E-veld niet meetbaar is buiten de kabel. Bijgevolg zijn enkel het B-veld en het iE-veld van belang voor deze beoordeling.

Een modelstudie van CMACS (2003) verwacht een B-veld van 1.6  $\mu\text{T}$  en een iE-veld van 0.91  $\mu\text{V}/\text{cm}$  aan de buitenkant van een drie-fasige 132 kV kabel, waardoor een stroom van 350 A loopt en die één meter is ingegraven.

In Nysted werd een B-veld van 5  $\mu\text{T}$  gemeten op 1 m afstand van een 132 kV kabel (Hvidt, 2004). Voor twee 135 kV kabels werden waarden gemeten van 0.23  $\mu\text{T}$  tot 6.5  $\mu\text{T}$  voor het B-veld en 0.3 tot 1.1  $\mu\text{V}/\text{cm}$  voor het iE-veld (Gill *et al.*, 2009).

In mei 2010 werden metingen uitgevoerd naar de magnetische velden boven één van de 150 kV kabels afkomstig van het windmolenpark op de Thorntonbank. Op het moment van de metingen werd er ongeveer 6 MW opgewekt door de 6 turbines die er op dat moment stonden. De magnetische veldsterkte op één meter afstand van de kabel situeerde zich tussen 0,004  $\mu\text{T}$  en 0,034  $\mu\text{T}$ . Het geïnduceerde elektrische veld werd niet rechtstreeks gemeten, maar kan bij benadering berekend worden met volgende formule (CMACS, 2003):

$$\text{Electric Field (V/m)} \approx 2 * \pi * \text{Power frequency (50 Hz)} * \text{Magnetic Flux Density (T)}$$

De geïnduceerde elektrische veldsterkte op één meter afstand van de kabel situeerde zich dus tussen 1,3  $\mu\text{V}/\text{m}$  en 10,7  $\mu\text{V}/\text{m}$  (data C-Power). Nu alle 54 windmolens operationeel zijn, wordt er tot 50 keer meer energie opgewekt (300 MW), die aan land wordt gebracht met twee hoogspanningskabels.

Belwind heeft in juni 2011 een meting gedaan van de magnetische velden boven de twee 150 kV kabels en dit t.h.v. het strand. Tijdens de metingen werd er per kabel tussen de 99 en 111 MW opgewekt. Vlak boven de kabels, die circa twee meter diep zitten, bedroeg het magnetisch veld tussen de 0,27 en 0,29  $\mu\text{T}$  (data Belwind). In augustus 2011 werden opnieuw metingen gedaan door Belwind. Tijdens deze metingen was de stroomsterkte minimaal 540 A en maximaal 574 A. Bij een maximale stroomsterkte van 712 A bedraagt de magnetische veldsterkte tussen de 0,381 en 0,590  $\mu\text{T}$ .

De modelstudie van CMACS en de gemeten waarden in Nysted, maar ook door C-Power en Belwind doen vermoeden dat de verhoging van de EMV in de nabijheid van de kabel(s) erg beperkt is. Bovendien nemen de EMV snel af met de afstand tot de kabel (CMACS, 2003).

#### 13.2.2.2 Effecten op de fauna

Bepaalde organismen (oa. binnen de zeezoogdieren, vissen, weekdieren en schaaldieren) kunnen E-en/of B- velden waarnemen en gebruiken die voor oriëntatie, migratie en het opsporen van prooi (Poléo *et al.*, 2001; Gill *et al.*, 2005, OSPAR, 2008). Artificiële bronnen van EMV, zoals die opgewekt door kabels die gebruikt worden in de exploitatie van offshore windmolenparken, kunnen deze organismen mogelijk storen. Resultaten van onderzoek in het windmolenpark in het Deense Nysted tonen aan dat de gebruikte kabel de migratie en het gedrag van vissen wijzigde (Klastrup, 2006).

De grootste groep organismen waarvan gekend is dat ze E-velden kunnen waarnemen zijn de Chondrichtyes of kraakbeenvissen (haaien en roggen). Zij hebben zogenaamde *ampullae van Lorenzini*. Dit zijn receptoren waarmee ze erg zwakke spanningsgradiënten kunnen waarnemen (zie

o.a. Murray, 1974; Zakon, 1986). Deze elektroreceptoren stellen kraakbeenvissen in staat om het E-veld van prooien waar te nemen en ze op te sporen. Ze spelen ook een rol bij de navigatie.

Naast de kraakbeenvissen zijn er ook verscheidene beenvissen die E-velden kunnen waarnemen. Dit werd o.a. aangetoond bij kabeljauw *Gadus morhua*, pladijs *Pleuronectes platessa* en atlantische zalm *Salmo salar* (Gill *et al.*, 2005).

Er is een grote variëteit aan soorten die het geomagnetische veld kunnen waarnemen. Dit werd aangetoond bij geleedpotigen, vissen en walvisachtigen (Kirshvink, 1997). Een aantal relevante soorten voor het Belgisch deel van de Noordzee die B-velden waarnemen zijn bruinvis *Phocaena phocaena*, witsnuitdolfijn *Lagenorhynchus albirostris*, atlantische zalm, pladijs, alle kraakbeenvissen, alle kaakloze vissen en de grijze garnaal *Crangon crangon* (Gill *et al.*, 2005). Veel van deze soorten gebruiken het geomagnetische veld voor hun oriëntatie en dus tijdens periodes van migratie. Het is dan ook niet uitgesloten dat de B-velden in de nabijheid van windmolenparken deze soorten storen tijdens de migratie. Anderzijds migreren de meeste soorten in open water en niet in de nabijheid van de bodem.

Bochert & Zettler (2004) stelden een aantal benthische soorten van verschillende taxonomische groepen (o.a. grijze garnaal, mossel *Mytilus edulis*, gewone zeester *Asterias rubens*, een isopode *Saduria entomon*, bot *Platichthys flesus*) bloot aan een magnetisch veld van 2,7 tot 3,7  $\mu\text{T}$ . Geen van de soorten vertoonden een reactie op dit artificiële B-veld. Volgens deze studie heeft het B-veld van een submariene kabel geen invloed op de oriëntatie, beweging en fysiologie van de geteste benthische soorten.

Een mesocosmosexperiment, waarbij een AC-kabel werd geïnstalleerd, toonde aan dat hondshaai *Scyliorhinus canicula* meer aanwezig was in de nabijheid van de kabel, maar dat de activiteit van de onderzochte individuen lager lag. Stekelrog *Raja clavata* vertoonde een verhoogde activiteit in de nabijheid van de kabel (Gill *et al.*, 2009). Beide benthische soorten komen voor in de Belgische zeegebieden. Zowel hondshaai als stekelrog bleken tijdens een monitoring in het onderzoeksgebied van een windmolenpark in normale aantallen te verblijven (NIRAS, 2009). De respons van kraakbeenvissen op EMV van eenzelfde intensiteit als diegene die door de AC kabels van het windmolenpark wordt opgewekt is soortspecifiek en verschilt tussen individuen (Gill *et al.*, 2009).

Het is aangetoond dat het begraven van een kabel geen invloed heeft op de sterkte van het B-veld. Toch is het ingraven van kabels van groot belang om de blootstelling van de gevoelige soorten aan EMV, die het sterkst zijn aan het oppervlak van de kabel, te verminderen doordat er een fysische barrière wordt gecreëerd (CMACS, 2003).

Er kan geconcludeerd worden dat EMV geassocieerd met de kabels van windmolenparken waargenomen worden door verschillende soorten en dat die een reactie veroorzaken. Het is momenteel echter onzeker wat de significantie is van deze respons, zowel op individueel als op populatie niveau (Tasker *et al.*, 2010).

Gezien de kabels ingegraven worden zal de opwarming van de zeebodem in de toplaag zeer gering of onbestaand zijn. Gezien de benthische fauna voornamelijk in die toplaag (bovenste 20 cm) leeft, worden er geen significant negatieve effecten verwacht op het benthos, het epibenthos en de demersale visfauna.

### 13.2.3 Cumulatieve effecten

De door een enkele kabel veroorzaakte verhoging van de EMV is gering en zeer lokaal. Het is echter niet uitgesloten dat de som van de effecten van verschillende kabels wel een significant effect hebben (Gill en Taylor, 2001; Gill *et al.*, 2005). Wat het effect van vijf parallelle kabels zal zijn, is op dit is momenteel onvoldoende goed in te schatten. Gezien de beperkte afstand tussen deze kabels is het niet uit te sluiten dat de cumulatieve effecten van deze parallelle kabels een significant negatief effect kunnen hebben langs dit beperkte traject. Dit wordt momenteel dan ook beschouwd als een leemte in de kennis.

De plannen van Elia om een offshore transformatorstation te plaatsen, waarop verschillende windmolenparken kunnen aansluiten kunnen voordelig zijn voor het mariene milieu. Zo zou niet ieder park afzonderlijk een kabel naar de kust moeten installeren en zouden er slechts zes i.p.v. elf kabels liggen. Dit zou de globale impact van EMV en opwarming kunnen verlagen.

## 13.3 Besluit

### 13.3.1 Aanvaardbaarheid

Door de configuratie van drie aders in één kabel zullen de elektromagnetische velden van de Seastar kabels elkaar grotendeels opheffen. In combinatie met de afscherming van de kabels en het ingraven ervan wordt verwacht dat er slechts verwaarloosbare EMV uitwendig waarneembaar zullen zijn. Dit werd bevestigd door de recente metingen van C-Power en Belwind. Bijgevolg oordeelt de BMM dat er geen significant negatieve effecten te verwachten vallen op de aanwezige fauna. Het project is aanvaardbaar voor wat betreft elektromagnetische velden mits het strikt naleven onderstaande voorwaarden.

Het is mogelijk dat er een geringe temperatuursverhoging van de zeebodem zal optreden in de nabijheid van de elektriciteitskabels. Dit effect wordt echter als verwaarloosbaar en bijgevolg aanvaardbaar ingeschat.

Dit advies is echter enkel van toepassing voor AC kabels. Als in de toekomst gebruik dient te worden gemaakt van gelijkstroom (DC) dan zal daar een nieuwe beoordeling van moeten worden gemaakt. DC kabels produceren immers grotere EMV dan AC kabels en hebben dus mogelijks grotere effecten op de mariene fauna (OSPAR, 2008).

### 13.3.2 Voorwaarden en Aanbevelingen

#### 13.3.2.1 Voorwaarden

- De ingraafdiepte van de kabels wordt door de bevoegde instanties bepaald. Voor milieueffecten moeten alle kabels (hoogspannings- en parkkabels) tenminste 1 m diep ingegraven worden.
- De bedekking van de kabels moet steeds verzekerd worden en moet jaarlijks gemonitord worden. Indien de jaarlijkse monitoring uitwijst dat de kabel op minder dan de minimale begravingdiepte ligt, dienen binnen de drie maanden de nodige werken te worden uitgevoerd opdat de kabel terug op haar oorspronkelijke diepte wordt geplaatst.

### *13.4 Monitoring*

Gezien de beperkte verhoging van de EMV van de parkkabels en verbindingskabels van de bestaande parken en de geringe effecten op de fauna dient er geen verder monitoring worden gedaan voor dit onderdeel.

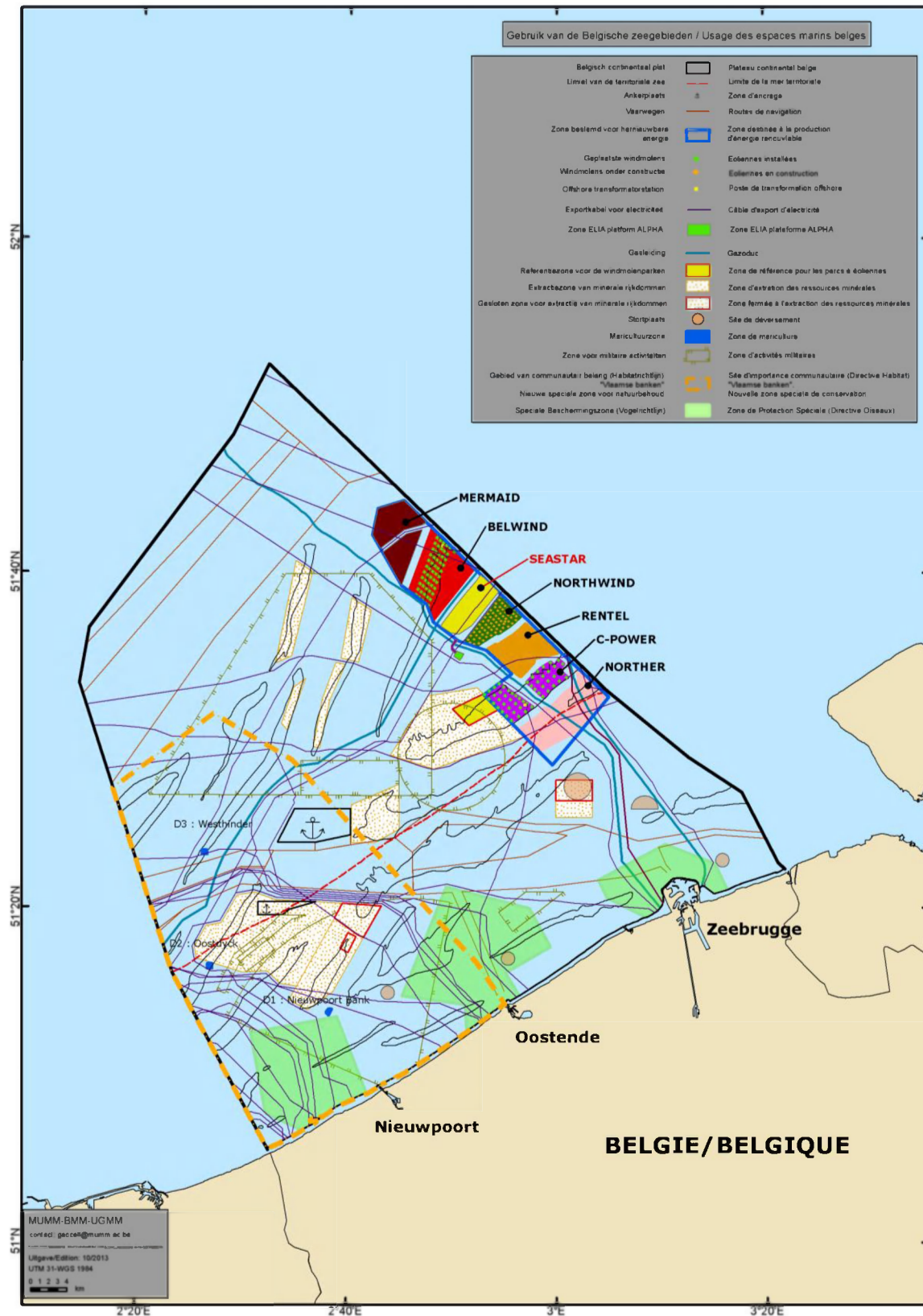
## 14. Interactie met andere menselijke activiteiten

- Indien er monopile of jacket funderingen geheid worden zonder technieken toe te passen bij het heien die het niveau van het onderwatergeluid beperken, dan zijn de mogelijke effecten van de constructie van het windmolenpark op de visserij negatief en mogelijk grensoverschrijdend maar duidelijk beperkt in de tijd.
- Indien er gravitaire funderingen gebruikt worden of de suction bucket techniek gebruikt wordt om monopile en jacket funderingen te installeren, dan zijn de vermoedelijke effecten van de constructie van het windmolenpark op de visserij verwaarloosbaar.
- De effecten van de exploitatie van het windmolenpark op de visserij zijn voor alle scenario's verwaarloosbaar gezien het huidige beperkte gebruik van het concessiegebied door de visserij.
- De exploitatie van het windmolenpark creëert extra mogelijkheden voor wetenschappelijk onderzoek in het gebied.
- De invloed van het voorgestelde windmolenpark op maricultuur, luchtvaart, baggeren en storten van baggerspecie, militair gebruik, windenergie, kabels en pijpleidingen zijn nihil of verwaarloosbaar.
- Realisatie van het windmolenpark zou een beperkt effect hebben op de scheepvaart gezien de aanwezigheid van reeds operationele windmolenparken (zie hoofdstuk Veiligheid en risico).
- Het Seastar project is voor wat betreft de interactie met andere menselijke activiteiten aanvaardbaar voor zowel de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen, mits het strikt naleven van een aantal voorwaarden.
- De Seastar verbindingskabels kruisen de Interconnector aardgasleiding en SeaMeWE3 kabel en de nodige maatregelen dienen genomen te worden om schade aan deze reeds aanwezige structuren te vermijden;
- De invloed van de verbindingskabels op visserij, maricultuur, luchtvaart, zand- en grindontginning, baggeren en storten van baggerspecie, militair gebruik, toerisme en wetenschappelijk onderzoek is nihil of verwaarloosbaar;
- Wat betreft de te gebruiken technieken is er een voorkeur voor de suction bucket techniek aangezien deze bij installatie slechts een beperkte mogelijke verstoring zal veroorzaken m.b.t. visserij in vergelijking tot het heien van monopile of jacket funderingen en in tegenstelling tot gravitaire funderingen niet vereist dat er grote hoeveelheden extra zand gewonnen wordt in de bestaande concessiezones.

### 14.1 Inleiding

In de Belgische zeegebieden zijn verschillende gebruikers actief. Deze omvatten visserij, maricultuur, scheepvaart, luchtvaart, zand- en grindwinning, baggeren en storten van baggerspecie, windenergie, militair gebruik, gaspijpleidingen, telecommunicatie- en elektriciteitskabels, toerisme en recreatie, wetenschappelijk onderzoek. Een deel van deze activiteiten bv. windenergie vindt plaats in ruimtelijk afgebakende zones (zie Figuur 14.1) terwijl andere activiteiten bv. visserij en toerisme en recreatie in vrijwel het volledig gebied beoefend kunnen worden. Het concessiegebied van Seastar bevindt zich binnen de zone voorbehouden voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). De afbakening van deze zone geeft aan dat deze productie van elektriciteit uit water, stromen of winden voorrang geniet op andere activiteiten die kunnen plaatsvinden in het gebied. Hieronder wordt een inschatting gemaakt van de invloed van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het voorgestelde Seastar windmolenpark en de verbindingskabels op andere menselijke activiteiten in het Belgisch deel van de Noordzee (BDNZ).

Waar nodig zal er een onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende configuraties en mogelijke uitbreidingen.



Figuur 14.1: Situering van het traject van het Seastar concessiegebied en de verbindingkabels in de Belgische zeegebieden in verhouding tot andere gebruikers van de zone.



## 14.2 Te verwachten effecten

### 14.2.1 Visserij

Voor een beschrijving van de huidige toestand van de visserij in het BDNZ en meer specifiek in het projectgebied wordt verwezen naar het MER (IMDC, 2013a). In het kort kan men stellen dat het BDNZ voor de Belgische zeevisserij eerder van gering socio-economisch belang is (Adriansens, 2009; Tessens en Velghe, 2010; 2011, 2012). Het concessiegebied (inclusief de 500 m veiligheidszone) wordt naar alle waarschijnlijkheid voornamelijk bevestigd door het kleine vlootsegment (KVS, motorvermogen < 221 kW) bestaande uit kustvaartuigen, eurokotters en andere kleine vaartuigen. Na de ingebruikname van de C-Power concessie op de Thorntonbank werd een toenemende activiteit van eurokotters waargenomen in het Rentel concessiegebied (Vandendriessche *et al.*, 2011a). Ook werd er een hogere concentratie aan recreatieve vissers (overwegend hengelaars) waargenomen net ten noorden van de bestaande C-Power windmolens. Deze vissers worden vermoedelijk aangetrokken door de veranderende en toegenomen visfauna in de omgeving van het C-Power windmolenpark dat reeds sinds 2008 afgesloten is voor de visserij.

#### *Effecten tijdens de constructiefase*

Tijdens de constructiefase zal er naast het verlies van visgronden (in casu het Seastar concessiegebied) ook een effect zijn van de werkzaamheden. In het geval er voor het heien van monopile of jacket funderingen gekozen wordt, kan de tijdelijke toename van het onderwatergeluidsniveau een verstoring van de vispopulatie veroorzaken tot buiten de concessiezone. Het heien zou daarenboven een verhoogde vislarvensterfte kunnen veroorzaken (Bolle *et al.*, 2011). Indien er gebruik gemaakt wordt van gravitaire funderingen of de suction bucket techniek, dan kan men een lokale stijging van de turbiditeit verwachten. Echter, gezien de beperkte ruimtelijke omvang en beperkte tijdsduur van deze verhoogde turbiditeit wordt geen achteruitgang van het benthos (en bijgevolg ook hogerop de voedselketen) verwacht buiten het concessiegebied. Gezien de beperkte volumes sediment die moeten verplaatst worden, wordt verwacht dat het effect op de vispopulatie binnen het concessiegebied het geringst is bij het gebruik van de suction bucket techniek. De effecten op de vispopulatie, het benthos en onderwatergeluid en mogelijke mitigerende maatregelen hiervoor werden reeds in detail besproken in de hoofdstukken 6, 7 en 10.

#### *Effecten tijdens de exploitatiefase*

Het belangrijkste effect tijdens de exploitatiefase betreft het verlies van visgronden gedurende een periode van minstens 20 jaar. Het koninklijk besluit tot instelling van een veiligheidszone rond de kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid van 11 april 2012 (hierna: KB Veiligheidszone) stelt dat vanaf de exploitatiefase een veiligheidszone van vijfhonderd meter wordt ingesteld gemeten vanaf de buitengrens van de domeinconcessie. Dit verlies aan visgronden zou kunnen leiden tot inkomstenverlies en werkloosheid, maar dit is onwaarschijnlijk gezien het relatief beperkte belang van het concessiegebied voor de visserij en kan mogelijks deels gecompenseerd worden door het 'spill-over effect' van het voor visserij afgesloten gebied. Binnen de concessie kan men veranderingen in de visfauna verwachten ten gevolge van de installatie van de turbines en het 'reef-effect' enerzijds en het uitsluiten van de boomkorvisserij anderzijds (zie bv. Reubens *et al.*, 2010; 2011a en b, 2013, Lindeboom 2011, Vandendriessche *et al.*, 2011b, 2012). Een lokale toename in het visbestand kan leiden tot een toename in visserijdruk aan de rand van de concessiegebieden.

*Effecten tijdens de ontmantelingsfase*

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen, wat betreft verstoring en resuspensie van fijne sedimenten, vermoedelijk gelijkaardig zijn aan deze tijdens de constructiefase. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de aard en omvang van deze effecten. Bij het niet verwijderen van kabels na buiten gebruik name bestaat de kans dat deze kabels na verloop van tijd bloot komen te liggen en verstrikt geraken met vistuig. Dit dient te allen tijde vermeden te worden door alle kabels die definitief buiten gebruik worden gesteld te verwijderen.

### 14.2.2 Mariene aquacultuur

Op 7 oktober 2005 werd een vergunning toegekend aan de Autonoom Gemeentebedrijf (AG) Haven Oostende voor de productie van tweekleppige weekdieren in 4 zones van de Noordzee waaronder de volledige afgebakende zone voor windenergie. Deze vergunning werd afgeleverd voor een periode van 20 jaar en omvat o.a. de gebruiksvoorwaarde dat vergunninghouder over een toelating van de (windmolenpark) concessiehouder moet beschikken alvorens de activiteit in diens zone te kunnen beoefenen. AG Haven Oostende heeft omwille van technische en economische redenen zijn activiteiten al enige jaren stilgelegd en is bovendien nooit actief geweest in het concessiegebied van Seastar. Op 12 oktober 2012 werd de vergunning van AG Haven Oostende geschorst tot 31/10/2014. Er worden bijgevolg geen negatieve effecten verwacht op bestaande maricultuur initiatieven. De veiligheidszone gedefinieerd in het KB Veiligheidszone maakt maricultuur in het Seastar concessiegebied onmogelijk tijdens de exploitatiefase. Ook in het draft marien ruimtelijk plan is er geen overlap voorzien tussen de Seastar concessie en de zone bestemd voor geïntegreerde mariene aquacultuur.

### 14.2.3 Scheep- en Luchtvaart

Het spreekt voor zich dat de constructie en exploitatie van een offshore windmolenpark een uitgesproken effect zal hebben op de scheepvaart. De afsluiting van het concessiegebied voor de scheepvaart zal vooral het niet-routegebonden verkeer beïnvloeden dat normaliter door de zone vaart en zal tot een concentratie van het verkeer leiden ten zuiden van het gebied (Marin, 2013). Eventuele risico's die hierdoor ontstaan worden in detail besproken in hoofdstuk 8.

De verlichting van de turbines en het Offshore Transformator Station (OTS) zullen de voorwaarden volgen zoals opgegeven door de bevoegde instanties. Deze dienen te voldoen aan de internationaal bestaande richtlijnen zoals IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities - scheepvaart) en ICAO (International Civil Aviation Organization - luchtvaart) en de Belgische richtlijnen betreffende de bebakening van hindernissen zoals beschreven in de circulaire CIR-GDF03 van 12/06/06 (FOD Mobiliteit en Vervoer). Indien aan bovenstaande richtlijnen wordt voldaan dan wordt er geen effect verwacht op de luchtvaart.

De goede verlichting en signalisatie van het windmolenpark is van groot belang voor de veiligheid van de scheepvaart en luchtvaart in nabijheid van het park. Er wordt daarom door de overheid regelmatige controle uitgevoerd op de goede werking van de verlichting en signalisaties bij slechte weersomstandigheden en 's nachts. Indien er zich een defect voordoet met de verlichting dan blijft er verplicht een wachtschip (guard vessel) ter plekke tot het probleem opgelost is.

#### 14.2.4 Zand- en Grindontginning

De huidige situatie van zand- en grindwinning in het BDNZ wordt besproken in het MER (IMDC, 2013a). Mariene aggregaatextractie op het BDNZ vindt plaats in vier concessiezones (Figuur 14.1) en in de periode 2002-2011 werd er gemiddeld 2.000.000 m<sup>3</sup>/jaar zand ontgonnen (Van den Branden *et al.*, 2012). De hoeveelheden zand die jaarlijks werden ontgonnen zijn sterk toegenomen, van ~1.500.000 in 2002 tot ~3.000.000 in 2011. In de nabije toekomst wordt verwacht dat deze hoeveelheden verder zullen toenemen ten gevolge van de realisatie van het Masterplan Kustveiligheid. Gezien de afstand tussen de concessiezones voor zand- en grindontginning in het BDNZ en het Seastar concessiegebied wordt niet verwacht dat de exploitatie van het windmolenpark en de zand- en grindwinning een negatief effect zullen hebben op elkaar. Er wordt ook geen invloed verwacht van het windmolenpark op de activiteiten in de Nederlandse zand- en grindwinningsgebieden. Wel is het zo, dat er tijdens de constructiefase van het Seastar project extra zand gewonnen moeten worden in de bestaande concessiegebieden voor zand- en grindwinning indien er gekozen wordt voor gravitaire funderingen.

Het tracé van de Seastar verbindingkabels vertoont geen overlap met de zones afgebakend voor zand- en grindontginning (Figuur 14.1). Er worden bijgevolg geen conflicten verwacht tussen de installatie, exploitatie en ontmanteling van de verbindingkabels enerzijds en de zand- en grindontginningsactiviteiten op het BDNZ. Het is wel zo, dat er tijdens de constructiefase mogelijk extra zand gewonnen moet worden in de bestaande concessiegebieden met name indien de gleuven voor de kabels niet voldoende snel gevuld raken door natuurlijke sedimentatie.

#### 14.2.5 Baggeren en storten van baggerspecie

Om havens toegankelijk te houden voor de scheepvaart, moeten de vaargeulen onderhouden worden en dient langs de Belgische kust en in het Schelde-estuarium gebaggerd te worden. De bevoegde diensten van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap dragen de verantwoordelijkheid voor de baggerwerkzaamheden in de Belgische kusthavens en vaarwegen (volgens de wet van 8 augustus 1988). De BMM is de bevoegde overheid voor stortvergunningen in zee en geeft de toelating tot het storten van baggerspecie in de maritieme zone die onder de jurisdictie van België valt. Afhankelijk van de herkomst van de baggerspecie wordt een specifieke stortzone toegewezen. Ook de maximaal toegelaten storthoeveelheid is vastgelegd. Er wordt geen effect verwacht van het Seastar kabel project op de andere bagger- en stortactiviteiten in het BDNZ gezien de grote afstand van de stortplaatsen en de baggerplaatsen tot het tracé van de verbindingkabels (Figuur 14.1). Voor de installatie van de funderingen en de kabel(s) zal tijdens de voorbereidingswerken mogelijk een hoeveelheid zand moet worden gebaggerd bij de nivellering van de bodem of bij het verwijderen van een dunne zandige toplaag. Dit materiaal zal moeten gestort worden op de door de bevoegde overheid aangeduide stortplaats. De hoeveelheid zand die zal gebaggerd worden, is echter beperkt in vergelijking met de baggerwerkzaamheden die jaarlijks in België worden uitgevoerd en zal bijgevolg geen effect hebben op de andere baggerwerkzaamheden.

#### 14.2.6 Windenergie

In de zone voorbehouden voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden zijn reeds drie windparken aanwezig: C-Power nv op de Thorntonbank (volledig windpark operationeel), Belwind nv op de Bligh Bank (fase 1 en Alstom demo project operationeel) en Northwind nv op de Lodewijkbank (in

constructiefase). Twee andere windmolenparken, het Norther windmolenpark ten zuidoosten van de Thorntonbank en het Rentel windmolenpark ten zuidoosten van de Lodewijkbank, hebben een milieuvergunning bekomen. Meer informatie over de ontwikkeling van offshore windparken in het BDNZ kan teruggevonden worden in Brabant *et al.*, (2012b, 2013). De huidige aanvraag betreft het zesde windmolenpark en de aansluiting van de verbindingkabels voor elektriciteit van dit windmolenpark naar het geplande Elia Alpha platform. De aangevraagde activiteit is dan ook enkel realiseerbaar indien het Elia Alpha platform de nodige vergunningen bekomt. De constructie van het Norther en Rentel windmolenpark zal pas in 2015(?) - 2016 van start gaan en zal dus waarschijnlijk overlappen met werkzaamheden van Seastar. Hier worden de effecten van het Seastar windpark op andere, reeds vergunde parken beschouwd.

Omwille van de Belgische selectiecriteria voor het verkrijgen van een domeinconcessie voor offshore windparken ligt de energiedichtheid in België aanzienlijk hoger dan in de offshore windparken van de andere Europese landen (Mathys *et al.*, 2009). Het concessiegebied van het Seastar windmolenpark bevindt zich op minimaal 1 km afstand van zowel het Belwind als het Northwind windpark. Hoe kleiner de onderlinge afstand tussen de windmolenparken hoe groter het negatief effect op het rendement van de dichtbijzijnde turbines van Belwind en Northwind omwille van de zogeheten park- of zogeeffecten. Echter, dit parkeffect is nooit helemaal te vermijden tenzij windturbines op afstanden van minimaal 15 x de rotordiameter van elkaar worden geplaatst hetgeen, naast een enorme nood aan ruimte, de kosten bv. voor de kabels de hoogte zou injagen. Anderzijds is het zo dat de windmolenparken niet in de hoofdwindrichting achter elkaar gelegen zijn. De overheersende windrichtingen zijn ZW en NNO, waardoor het negatief effect van het ene windmolenpark op het andere beperkt is. Er worden geen effecten verwacht op de andere Belgische offshore windparken gezien de ruime afstand van het Seastar windpark tot de zones van Norther, Rentel en C-Power. Er wordt bijgevolg niet verwacht dat de aanleg en exploitatie van dit windmolenpark een onaanvaardbaar effect zal hebben op de andere windmolenparken in de zone.

#### 14.2.7 Militair gebruik

Het concessiegebied van Seastar en het tracé van de verbindingkabels vertoont geen overlap met de zones afgebakend voor militaire activiteiten (Figuur 14.1). Er worden bijgevolg geen conflicten verwacht tussen de aanleg, exploitatie en ontmanteling van het Seastar project enerzijds en de militaire activiteiten op het BDNZ.

#### 14.2.8 Gaspijpleidingen, Telecommunicatie- en Elektriciteitskabels

Het concessiegebied van Seastar wordt enkel gekruist door de telecommunicatiekabel Rioja. Zoals beschreven in het MER (IMDC, 2013a) zal bij de lay-out van het park rekening gehouden worden met een vereiste veiligheidsafstand ten opzichte van deze inactieve telecommunicatiekabel van 50 m. Er bevindt zich geen gaspijpleiding in het Seastar concessiegebied.

De Seastar verbindingkabels zullen de Interconnector aardgasleiding en de SeaMeWE3 kabel kruisen (Figuur 14.1). Voor deze kabelkruisingen zal de vergunninghouder een 'proximity agreement' afsluiten met de eigenaars/exploitanten (KB 12/03/2002). Indien de noodzakelijke voorzorgsmaatregelen genomen worden om schade aan de bestaande structuren te vermijden dan worden er geen significante effecten verwacht van het project op deze bestaande aardgasleiding.

Gezien de afstand tot het tracé van de Seastar verbindingsskabels worden er geen effecten verwacht op de andere gaspijpleidingen, telecommunicatie- en elektriciteitskabels aanwezig in de Belgische zeegebieden.

### 14.2.9 Toerisme en Recreatie

Het valt niet te verwachten dat het beperkt aantal schepen betrokken bij de constructie van het windmolenpark tijdens de korte periode van werken t.h.v. het strand een significante hinder zal betekenen voor de recreatieve vaart. Deze vaartuigen zullen wel de veiligheidszone moeten respecteren. Gezien de tijdelijke aard van deze verstoring (vermoedelijk minder dan twee maanden) en de ruimtelijk zeer beperkte omvang wordt dit negatief effect als aanvaardbaar beschouwd. Tijdens de exploitatiefase wordt het concessiegebied afgesloten voor de pleziervaart. Verder worden er geen effecten verwacht op het toerisme en de recreatie gezien de geringe activiteiten die zullen plaatsvinden. De effecten tijdens de ontmantelingsfase zijn vermoedelijk gelijkaardig aan deze tijdens de installatie.

De mogelijke effecten van het project op het zeezicht worden apart besproken in het hoofdstuk Zeezicht.

### 14.2.10 Wetenschappelijk Onderzoek

Ondanks een beperkte kustlijn en de geringe omvang van de Belgische mariene wateren zijn er vandaag in België meer dan 1000 wetenschappers actief in de mariene wetenschappen. Met de Belgica en de Simon Stevin beschikt België over oceanografische onderzoeksschepen die de wetenschappers in staat stellen om kwalitatief hoogstaand onderzoek uit te voeren. Dit heeft tot gevolg dat het BDNZ één van de meest intensief bestudeerde mariene gebieden ter wereld is.

Enerzijds worden de milieueffecten van deze parken gemonitord (deels door de exploitant, deels door de overheid). Anderzijds dienen de concessiehouders een aantal parameters te meten in hun park en deze over te maken aan de overheid. Al deze gegevens worden opgenomen en verspreid, al dan niet na een embargo-periode, via het Belgian Marine Data Centre (<http://www.mumm.ac.be/datacentre/>) en via openbare jaarlijkse monitoringsverslagen. Tot slot bestaat er de mogelijkheid tot gemeenschappelijk onderzoek tussen de offshore windindustrie en Belgische Universiteiten of andere wetenschappelijke instellingen.

De vergunningshouder dient, mits goedkeuring door het Begeleidingscomité en naleving van veiligheidsvoorwaarden die door het Begeleidingscomité worden voorgesteld, wetenschappelijk onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone. De BMM behoudt het recht om monitoring en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de houder hiervan voorafgaandelijk in kennis is gebracht.

Op basis van bovenstaande argumenten kan men stellen dat de aanwezigheid van een offshore windmolenpark een aantal opportuniteiten biedt voor wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen, maar dat er ook een aantal beperkingen zijn bv. tijdens de constructiefase.

## 14.3 Besluit

### 14.3.1 Aanvaardbaarheid

De verwachte effecten van de constructie en exploitatie van het windpark Seastar op andere menselijke activiteiten (bv. uitsluiten visserij en maricultuur) situeren zich hoofdzakelijk binnen de zone voorbehouden voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). Aangezien we kunnen aannemen dat deze productie van elektriciteit uit water, stromen of winden voorrang geniet op andere activiteiten die kunnen plaatsvinden binnen deze zone zijn de risico's op effecten van de constructie en exploitatie van het windpark Seastar aanvaardbaar mits het naleven van de onderstaande voorwaarden, tenminste voor wat betreft de andere menselijke activiteiten op het BDNZ. Ook de te verwachten effecten van de installatie, exploitatie en ontmanteling van de verbindingskabels op andere menselijke activiteiten op het BDNZ zijn aanvaardbaar voor al de alternatieven beschreven in de aanvraag alsook voor de mogelijke uitbreiding.

### 14.3.2 Voorwaarden en aanbevelingen

#### 14.3.2.1 Voorwaarden

De verlichting van de turbines ten behoeve van de scheep- en luchtvaart zullen de voorwaarden volgen zoals opgegeven door de bevoegde instanties. Deze dienen te voldoen aan de internationaal bestaande richtlijnen zoals IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities - scheepvaart) en ICAO (International Civil Aviation Organization - luchtvaart) en de Belgische richtlijnen betreffende de bebakening van hindernissen zoals beschreven in de circulaire CIR-GDF03 van 12/06/06 (FOD Mobiliteit en Vervoer). Problemen aan de verlichting worden onverwijld gemeld aan de BMM en de Nautische Dienstchef scheepvaartbegeleiding en dienen zo snel mogelijk in orde gebracht te worden.

Er moeten misthoorns, die automatisch in werking treden bij een meteorologische zichtbaarheid van minder dan 2 zeemijl, geplaatst worden op de hoekturbines.

De concessiehouder moet rekening houden met de veiligheidszone zoals gedefinieerd in het KB veiligheidszone. Deze 500 m start ter hoogte van de uiterste tip van de wieken van de turbines en zal in geen geval de grens met de Nederlandse maritieme wateren overschrijden.

De vergunningsaanvrager dient, mits goedkeuring door het Begeleidingscomité en naleving van veiligheidsvoorwaarden die door het Begeleidingscomité worden voorgesteld, wetenschappelijk onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone. De BMM behoudt het recht om monitoring en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de vergunningshouder hiervan voorafgaandelijk in kennis is gebracht.

De werkzaamheden voor de installatie van de verbindingskabels kunnen enkel aanvangen als ook de andere onderdelen vereist voor het transporteren van de elektriciteit naar de wal over de vereiste mariene vergunningen beschikken.

Bijkomende voorwaarden met betrekking tot de effecten op visserij en scheepvaart worden elders

opgelist.

#### 14.3.2.2 Aanbevelingen

De BMM vraagt aan de vergunningsaanvrager om te streven naar een optimaal gebruik van de zone, waarbij naast een maximale energieopbrengst ook andere gebruiksfuncties in overweging genomen worden.

### *14.4 Monitoring*

Er wordt geen monitoring gevraagd voor dit onderdeel.





## 15. Zeezicht

- De cumulatieve zichthoek van de hele windmolenzone blijft onder de in het verleden vooropgestelde 36° voor Blankenberge (BE) en Westkapelle (NL), de kustgemeenten met de grootste zichthoeken;
- De turbines voorzien in het Seastar project komen op 38 km van de Belgische kust en zullen tot maximaal 197,5 m hoog boven zeespiegel komen;
- Het zicht bedraagt jaarlijks maar in 10% van de tijd meer dan 20 km en slechts in 1% van de tijd meer dan 30 km. Verder zullen mist, heiligheid, neerslag, andere atmosferische condities en de aanwezigheid van de meer nabijgelegen turbines van de voorliggende projecten de zichtbaarheid van de Seastar turbines verder verminderen;
- De verlichting zal mede door de hoek waaronder ze schijnen, de afstand tot de kust en de hoogte van de waarnemer (meestal < 10m), slechts in zeldzame gevallen zichtbaar zijn;
- Het Seastar project is voor wat betreft de effecten op zeezicht aanvaardbaar voor zowel de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen, mits het naleven van een aantal voorwaarden.

### 15.1 Inleiding

Onder zeezicht wordt verstaan ‘het kustlandschap en aangrenzende open wateren, inclusief zicht op zee, zicht op de kustlijn vanaf de zee’ (DTI, 2005). Bij het bepalen van de invloed van het Seastar project op het zeezicht dient rekening gehouden te worden zowel met de reeds gebouwde windturbines als met de andere, reeds vergunde projecten die het zeezicht zullen beïnvloeden. Zo zijn er op het ogenblik van schrijven 54 windturbines (5 en 6,15 MW, hoogte ~155 m) van het C-Power project op de Thorntonbank volledig gebouwd. Van het Belwind project dat ten noordwesten van het Seastar project ligt, is de eerste fase gefinaliseerd en zijn 55 windturbines (3 MW, hoogte ~100 m) geplaatst. Van het Northwind project zullen tegen het voorjaar 2014 72 windturbines (3 MW, ~100 m) actief zijn. De projecten Norther en Rentel zijn nog in de planningfase, maar werden reeds vergund. Het Norther project bevindt zich in de zone die zich het dichtst bij land bevindt en voorziet 47-100 turbines van 3 tot 10 MW. Het Rentel project voorziet 41 -62 windturbines (Tabel 15.1) die variëren van 4 MW tot 10 MW. De C-Power windturbines (5 en 6,15 MW) zijn nu reeds bij zonnige, niet heilige weersomstandigheden goed zichtbaar vanuit Zeebrugge en Blankenberge. Deze reeds aanwezige windturbines zullen een groot deel van het zicht op de Seastar concessie afschermen.

Tabel 15.1 Overzicht van de verschillende mogelijke configuraties voor het Seastar project met verwachte afmetingen van de turbines

Configuratie	Aantal turbines	Rotor diameter	Individueel vermogen	Naafhoogte (boven LAT)	Hoogste rotorpunt	Laagste rotorpunt
<b>Basisconfiguratie</b>	41	126,5 m	6 MW	95 m	158 m	32 m
<b>Configuratie 1</b>	62	120-135 m	4-6,5 MW	95 m	162,5 m	27,5 m
<b>Configuratie 2</b>	54	150-165 m	7,5-10MW	107 m	189,5 m	24,5 m
<b>Configuratie 3</b>	43	140-175 m	6,5-7,5 MW	110 m	197,5 m	22,5 m

In de zomerperiode van 2009 (juni-september) werd een enquête uitgevoerd aan de kust die deel uitmaakte van een socio-landschappelijke studie m.b.t. de windmolenparken (Grontmij Vlaanderen 2010). Doordat op het ogenblik van de uitvoering van de enquête de eerste zes windturbines van het C-Power project op Thorntonbank reeds geplaatst waren, kon in de vragenlijst gepolst worden naar het reële zicht van de bestaande turbines en het simulatiebeeld van deze turbines. Tijdens de ondervraging bleek dat de windmolens het best zichtbaar waren in zonnige omstandigheden, maar ook in bewolkte omstandigheden zonder neerslag waren ze nog te zien. In neerslagsituaties bleken de windmolens niet zichtbaar voor de respondenten. De bevroegden in Blankenberge en De Haan konden de windturbines het beste zien staan: dit zijn locaties die eerder “schuin” op de rij van zes aankijken. Dit betekent dat op deze locaties een iets groter aandeel van de horizon wordt ingenomen door de zes windturbines in vergelijking met de locaties in Zeebrugge, Heist of Knokke: waar de afstand tot de turbines korter is, maar de hoek scherper.

Gevraagd naar de aanvaardbaarheid van het reële zicht van de C-Power windturbines en het gesimuleerde zicht werden gelijkaardige antwoorden verkregen. Ongeveer 95% van de ondervraagden vonden het zicht op de zes windturbines (zeer) aanvaardbaar. Er werden eveneens simulaties getoond van de drie toen reeds vergunde parken (C-Power, Belwind en Northwind) samen, waar een meerderheid van 78% het (simulatie)zicht aanvaardbaar vindt. Voor de worst case simulatie waarbij de volledige windmolenzone met windturbines gevuld is, wordt nog een aanvaardbaarheid van 62% gehaald.

De studie besluit dat de factor die de belevingswaarde van de zee beïnvloedt, de graad van zichtbaarheid van de turbines is: de afstand in zee, de oriëntatie ten opzichte van badplaatsen (hoek t.o.v. badplaats) en het aantal zichtbare turbines. Met andere woorden, de procentuele inname van de horizon is van groot belang bij de aanvaarding en de beleving van windturbines op zee (Grontmij Vlaanderen 2010). In de zomer volgend op de constructie van de eerste windmolens in het Norther windmolenpark wordt een opvolgstudie gepland. Deze opvolgstudie dient vnl. de mensen te bevragen over het reële zicht op de windturbines, de invloed die de windmolenparken hebben op hun waardering van het zeezicht en te peilen naar eventuele economische gevolgen voor het kusttoerisme. Ook de aanvaardbaarheid van het worst case scenario waarbij de volledige windmolenzone volgebouwd zal zijn, dient verder onderzocht te worden met behulp van nieuwe simulaties gebruik makend van het reële zicht en dit vooral in de kustgemeenten met de grootste zichthoeken (o.a. Blankenberge en Westkapelle).

Het project omvat eveneens het leggen van verbindingskabels voor elektriciteit van het Seastar projectgebied naar het geplande ELIA Alpha platform. Dit project zal enkel door een tijdelijke verhoogde scheepvaartactiviteit het zeezicht beïnvloeden.

## *15.2 Te verwachten effecten*

### 15.2.1 Constructiefase

In de buurt van de werkzaamheden en ter hoogte van de haven zal er tijdelijk een verhoogde scheepvaartactiviteit waarneembaar zijn.

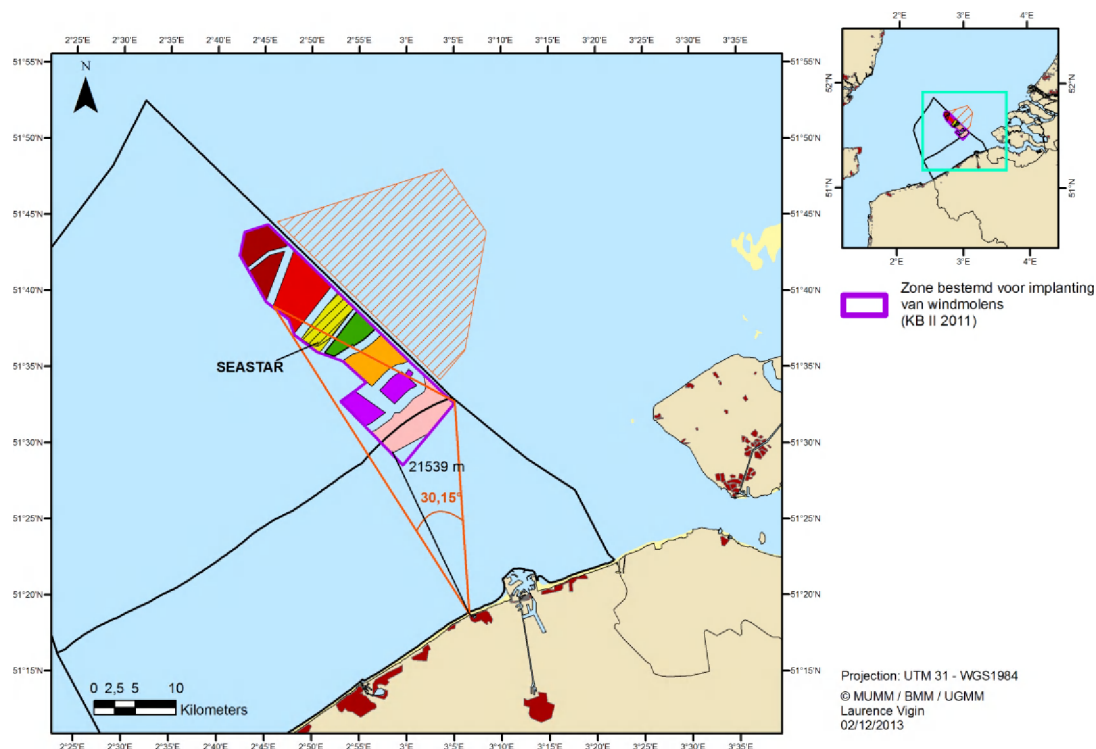
### 15.2.2 Exploitatiefase

#### 15.2.2.1 Zichthoeken

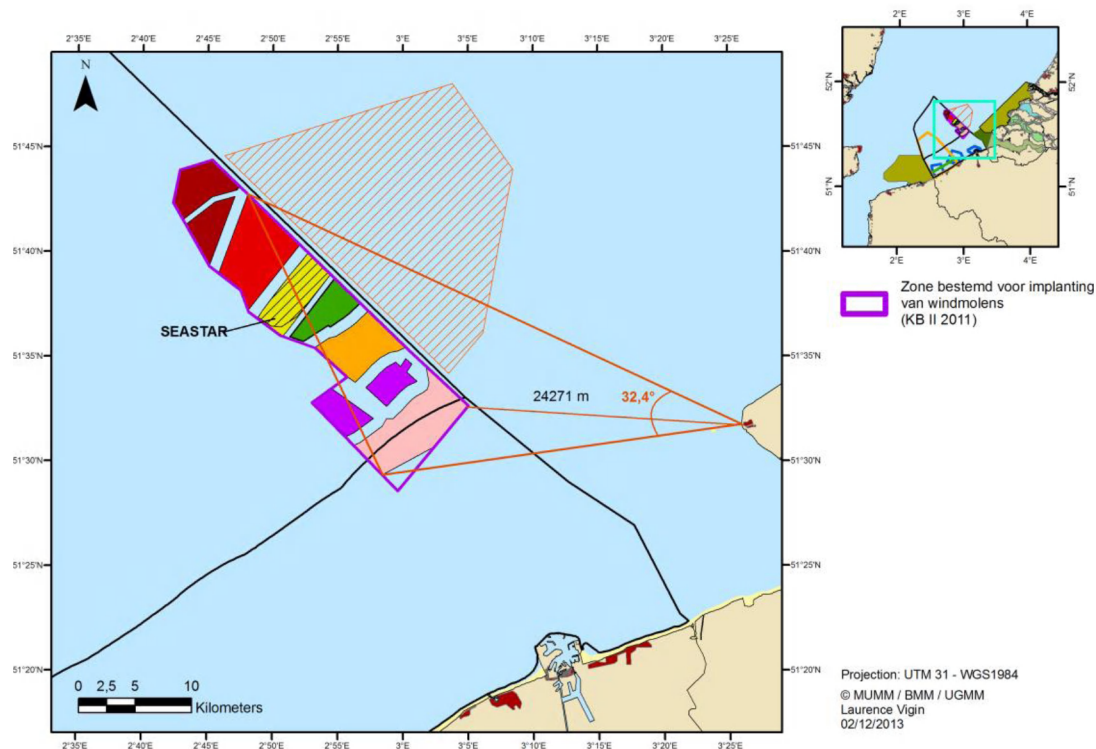
In de eerste studies i.v.m. met landschappelijke aspecten van windmolenparken (Vlakte van de Raan en Wenduinebank), uitgevoerd door de BMM, werden bepaalde normen voor zichthoeken uitgewerkt, specifiek toepasbaar voor projecten in de territoriale zee. Samengevat werd redelijkerwijze een horizonbezettingsgraad van maximaal  $1/9$  (horizon =  $180^\circ$  zicht) en dus  $20^\circ$  vooropgesteld voor één park en  $1/5$  (zijnde  $36^\circ$ ) cumulatief (BMM, 2004). Omdat de grootste visuele vervuiling bekomen wordt op die locaties waar een grote zichthoek overeenkomt met een kleine afstand tot het park werd voor deze laatste 20 km als kritische afstand vooropgesteld.

Het Seastar windmolenpark ligt op 38 km van de kust en wordt in alle richtingen (gezien vanaf de Belgische kust) afgeschermd door het reeds gebouwde C-Power windmolenpark, het in bouw zijnde Northwind park en het toekomstige Rentel en Norther windmolenpark. Het berekenen van de zichthoeken voor het Seastar park op zich geeft in deze situatie geen meerwaarde.

De cumulatieve zichthoeken van het Seastar project in combinatie met de reeds vergunde windmolenparken vanuit Blankenberge en Westkapelle worden hieronder berekend. Voor deze berekening worden de verste uithoeken van de verschillende reeds vergunde projecten als hoekpunten genomen. De cumulatieve zichthoek bedraagt  $30,2^\circ$  voor Blankenberge en  $32,4^\circ$  voor Westkapelle. De zichthoek voor zowel Blankenberge als Westkapelle blijft dus onder de in het verleden vooropgestelde  $36^\circ$ .



Figuur 15.3 Cumulatieve zichthoek op de reeds vergunde parken in de Belgische windmolenzone vanuit Blankenberge met aanduiding van de minimale afstand tot de kust. Arcering: de Nederlandse Borssele windmolenzone.



Figuur 15.4 Cumulatieve zichthoek op de reeds vergunde parken in de Belgische windmolenzone vanuit Westkapelle (NL) met aanduiding van de minimale afstand tot de Nederlandse kust. Arcering: de Nederlandse Borssele windmolenzone.

#### 15.2.2.2 Type turbines

Naast de zichthoeken en afstanden is het type windturbine dat uiteindelijk zal geplaatst worden eveneens van belang. De turbines uit het kleinere segment zullen een compact zicht geven (veel kleine turbines dicht bij elkaar in het zichtveld), de grootste turbines (7-10MW) geven een meer open zicht (weinig grotere turbines met grotere tussenafstand). Dit effect zal grotendeels geneutraliseerd worden door de turbines van alle voorliggende projecten die het zicht vanuit de kust op het Seastar project belemmeren.

#### 15.2.2.3 Zichtbaarheid en verlichting

De windturbines zullen uitgerust worden met lichten ten behoeve van de scheep- en/of luchtvaart. Op basis van de MacMillan Reeds Nautical Almanac (<http://www.reedsnauticalalmanac.co.uk/>) kan worden afgeleid dat een licht geplaatst op 95 m (4 – 6,5 MW) respectievelijk 107 m (6,5 - 10MW) hoogte op de top van de gondel, door een waarnemer aan de kust op 10 m hoogte, theoretisch tot respectievelijk 26,9 NM (zijnde +/-54 km) en meer dan 26,9 NM (zijnde +/- 54 km) kan worden waargenomen. Gezien het park zich op 38 km uit de kust zal bevinden, zullen de lichten van de turbines binnen de grenzen van het zichtbare vallen. Hoe groter de turbines, hoe zichtbaarder de verlichting van op land zal zijn. Voor een waarnemer die zich lager bevindt, worden kleinere afstanden gevonden. De afstand tot de Zeeuwse kust bedraagt 24 km en zijn de lichten theoretisch zichtbaar aan de kust. Echter, uit de waarnemingen voor de reeds gebouwd windturbines van C-Power kan besloten worden dat de verlichting mede door de hoek waaronder ze schijnen, de afstand tot de kust en de hoogte van de waarnemer (meestal < 10m), slechts in zeldzame gevallen zichtbaar zal zijn. De Seastar lichten zullen 1 geheel vormen met de lichten van de windmolenparken die voor het Seastarpark liggen.

In Grontmij (2010) wordt vermeld dat het zicht jaarlijks maar in 10% van de tijd meer dan 20 km en slechts in 1% van de tijd meer dan 30km bedraagt. Verder zullen mist, heigheid, neerslag en andere atmosferische condities de zichtbaarheid van de turbines verder verminderen.

Het scheidend en oplossend vermogen van het menselijk oog dient ook in rekening gebracht te worden. Dit bedraagt maximaal 1 boogminuut. Op 30 km afstand kan het menselijk oog objecten onderscheiden die breder zijn dan 8.75m. Theoretisch gezien zullen dus voornamelijk de grootste turbines die het dichtst bij de kust gesitueerd zijn (configuratie 2), het beste te onderscheiden zijn.

### 15.2.3 Ontmantelingsfase

In de buurt van de werkzaamheden en ter hoogte van de haven zal, net als tijdens de constructiefase, een verhoogde scheepvaartactiviteit waarneembaar zijn.

### 15.2.4 Cumulatieve effecten

De cumulatieve effecten tijdens de exploitatiefase worden hierboven besproken.

## 15.3 *Besluit*

### 15.3.1 Aanvaardbaarheid

Uit bovenstaande wordt besloten dat de windmolens van dit project deels zichtbaar zullen zijn aan de kust bij zeer goede weersomstandigheden (~1% van de tijd). De turbines van het Seastar project zullen daarenboven hoogstwaarschijnlijk opgaan in het totaalbeeld met de windmolens van de ervoor gelegen parken. Er zal dus eerder een “verdichting” zichtbaar zijn in het geheel van de parken, eerder dan dat het Seastar park afzonderlijk zou onderscheiden worden door de eventueel grotere afmetingen van de windmolens. Het project is aanvaardbaar voor de discipline zeezicht en dit zowel voor de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen.

### 15.3.2 Voorwaarden en Aanbevelingen

#### 15.3.2.1 Voorwaarden

De aanvrager dient op regelmatige basis het park te onderhouden. Dit houdt onder meer in het verfrissen van de verflaag, het verwijderen van roestpunten, enz...

#### 15.3.2.2 Aanbevelingen

Het is aanbevolen om een combinatie van verschillende grootteordes van turbines te vermijden omwille van de uniformiteit.

## 15.4 Monitoring

In 2009 werd een socio-landschappelijk onderzoek uitgevoerd op basis van simulaties<sup>11</sup> op het moment dat enkel de zes eerste turbines van C-Power geïnstalleerd waren. In de zomer volgend op de constructie van de eerste windmolens in het Norther windmolenpark wordt een opvolgstudie voorzien. Op dat moment zal ook het C-Power windmolenpark volledig afgewerkt zijn. Deze opvolgstudie dient vnl. de mensen te bevragen over het reële zicht op de windturbines, de invloed die de windmolenparken hebben op hun waardering van het zeezicht en te peilen naar eventuele economische gevolgen voor het kusttoerisme. Ook de aanvaardbaarheid van het worst case scenario waarbij de volledige windmolenzone volgebouwd zal zijn, dient verder onderzocht te worden met behulp van nieuwe simulaties gebruik makend van het reële zicht en dit vooral in de kustgemeenten met de grootste zichthoeken (oa. Blankenberge en Westkapelle). Analoog aan de eerste uitgevoerde studie zullen de kosten voor de opvolgstudie gedeeld worden tussen Norther en de windmolenparken die vergund worden na Norther. Deze studie dient uitgevoerd te worden door de vergunningshouders. Voorafgaand aan de studie dient de methodiek ter goedkeuring voorgelegd te worden aan de BMM. Van deze studie zal een rapport worden opgesteld dat naast de doelstellingen en de methodiek de verwerkte gegevens voorstelt en bespreekt. Dit rapport wordt uiterlijk 4 maanden na het aflopen van de studie bij de BMM ingediend en zal door de onderzoekers aan de medewerkers van de BMM op een vergadering voorgesteld worden. Van de onderzoekers wordt een actieve deelname verwacht aan eventuele workshops over de monitoring van het windmolenpark, ingericht door de BMM.

---

<sup>11</sup>In deze simulaties werden de windturbines van C-Power met gravitaire fundering werden afgebeeld. Enkel de eerste 6 windturbines hebben dit type fundering, de overige windturbines zullen een gele jacketstructuur hebben, wat het totaalbeeld kan beïnvloeden.

## 16. Cultureel erfgoed

- Er bevinden zich geen gekende scheepswrakken ter hoogte van het concessiegebied van Seastar.
- Voor de start van de bouwfase wordt een side scan sonar survey en een gedetailleerde multibeam uitgevoerd over het gebied en over de kabeltracés zodat, indien nodig, de activiteit zodanig aangepast kan worden dat er geen invloed is van de werkzaamheden op het cultureel erfgoed.
- Het traject van de Seastar verbindingkabels werd dusdanig opgesteld dat alle gekende en gedetecteerde wrakken vermeden worden.
- Op basis van de huidige kennis is het onmogelijk in te schatten wat de precieze invloed zal zijn van het project op verzonken paleolandschappen en eventueel aanwezige archeologische resten en fossiele zoogdierresten.
- Het Seastar project is voor wat betreft de effecten op cultureel erfgoed aanvaardbaar voor zowel de originele concessie als de mogelijke uitbreidingen en het huidige kabeltracé, mits het naleven van een aantal voorwaarden

### 16.1 Inleiding

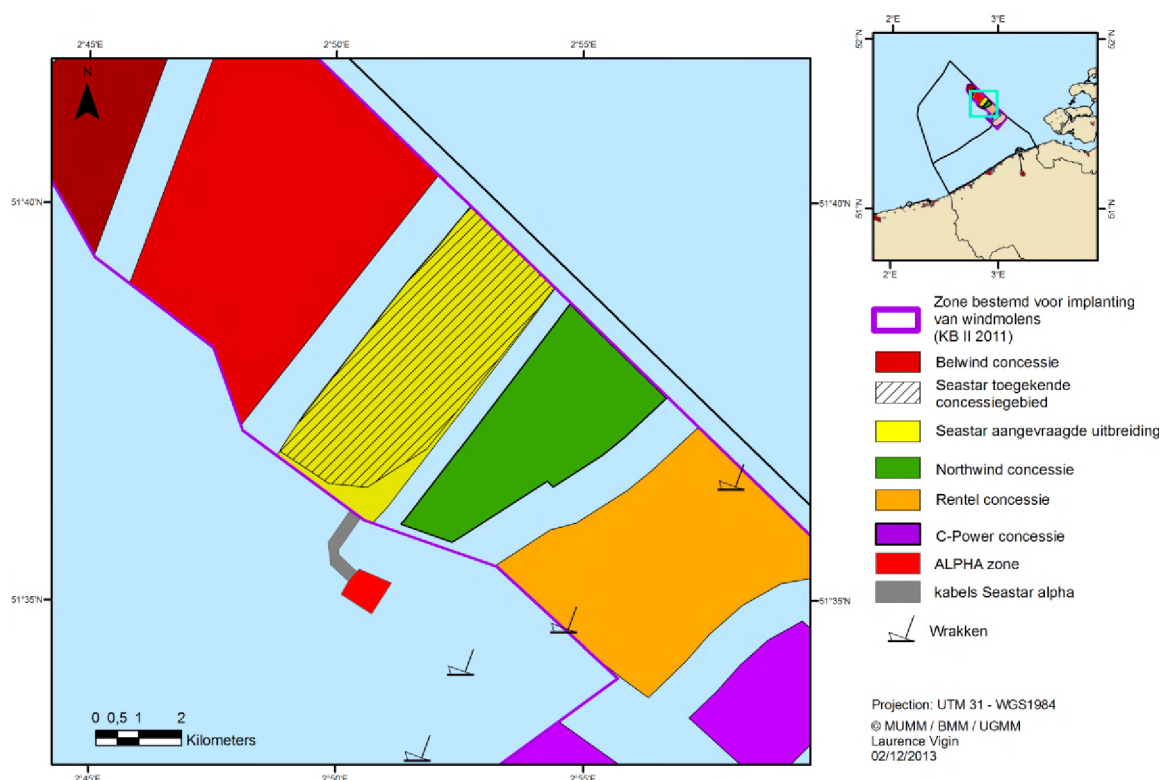
Op basis van de inventarisatie van de wrakken uitgevoerd in het kader van het GAUFRE-project (Maes *et al.*, 2005) en van drie online databanken (<http://www.maritieme-archeologie.be> (<http://www.vlaamsehydrografie.be/wrakkendatabank.htm> en <http://www.wrecksite.eu>) werd er bepaald dat er zich geen gekende scheepswrakken bevinden in het Seastar concessiegebied noch op minder dan 500 meter van het voorgestelde traject van de Seastar verbindingkabels (Figuur 16.1). Het valt te verwachten dat er naast geregistreerde, ook een aantal niet-geregistreerde wrakken aanwezig zijn op de zeebodem.

Verzonken paleolandschappen vormen een ander onderdeel van het cultureel erfgoed. Deze omvatten bv. resten van de middeleeuwse eilanden oa. Wulpen, Koezand en Waterdunen gelegen ter hoogte van de huidige Vlakte van de Raan (Pieters *et al.*, 2010; Mathys, 2009). Daarnaast vermeldt de MER studie ook de mogelijke aanwezigheid van fossiele zoogdierresten en archeologische resten (IMDC, 2013a).

### 16.2 Te verwachten effecten

#### 16.2.1 Invloed op de scheepswrakken

In het MER van het Seastar windmolenpark (IMDC, 2013a) wordt reeds gesteld dat men wrakken dient te vermijden bij de aanleg van de verbindingkabels teneinde het cultureel erfgoed niet te beschadigen. Het is aan de aanvrager om de werken zo te plannen dat er geen schade wordt berokkend aan eventuele niet-geregistreerde scheepswrakken. Een side scan sonar survey en een gedetailleerde multibeam survey uitgevoerd over het concessiegebied en het kabeltracé moet toelaten eventuele niet-geregistreerde wrakken op te sporen en de werken zo te plannen dat er geen schade wordt berokkend aan de scheepswrakken.



Figuur 16.1: Het tracé van de Seastar verbindingskabels en locatie van de nabijgelegen scheepswrakken (er zijn geen gekende scheepswrakken die zich op minder dan 500m van het tracé bevinden)

## 16.2.2 Invloed op paleolandschappen

Het onderzoek naar paleolandschappen is relatief nieuw en een systematisch overzicht van de gekende paleolandschappen is op dit moment nog niet beschikbaar. Rondom de Thorntonbank en in het Deepwater Channel (gelegen aan de noordrand van het BDNZ) zijn fossiele zoogdierresten teruggevonden (pers. comm. Inge Zeebroek in IMDC, 2012a). Archeologische resten zijn daarentegen voornamelijk geconcentreerd in kustnabije zones. Op basis van de huidige kennis is het onmogelijk in te schatten wat de precieze invloed zal zijn van het project op verdrinken paleolandschappen en eventueel aanwezige archeologische resten en fossiele zoogdierresten. Sinds 2013 loopt er een 4 jaar durend SBO project dat op zoek gaat naar methoden om op een snelle efficiënte manier het erfgoedpotentieel te onderzoeken in gevoelige gebieden en dit in functie van beheersadvies (zie ook: <http://www.archeo-noordzee.ugent.be/>).

## 16.3 Besluit

### 16.3.1 Aanvaardbaarheid

Het valt niet te verwachten dat de bouw, exploitatie en ontmanteling van het Seastar project een negatieve invloed zal hebben op het cultureel erfgoed mits inachtnaam van volgende onderstaande voorwaarden.



## 16.3.2 Voorwaarden en aanbevelingen

### 16.3.2.1 Voorwaarden

De houder moet voor de bouw een side-scan sonar en multibeam survey (of minstens gelijkwaardige technieken) over het gebied uitvoeren. Anomalieën met archeologisch potentieel moeten door minstens 2 side-scan lijnen in beeld gebracht worden, overlangs en dwars door de centrale as van de anomalie. De BMM moet uitgenodigd worden om aanwezig te kunnen zijn tijdens deze survey. Na afloop van deze survey dienen de resultaten aan de BMM en het Agentschap Onroerend Erfgoed gerapporteerd te worden met vermelding van de verschillende aangetroffen objecten die nader onderzocht dienen te worden en de stappen die zullen genomen worden om eventuele beschadigingen van het maritiem erfgoed te vermijden.

Alle obstakels die op de zeebodem gevonden worden, moeten geplot worden. Na de werkzaamheden dient over dezelfde tracks een survey te gebeuren (rekening houdend met veiligheid en werkingslimieten), en ieder nieuw obstakel veroorzaakt door de houder moet op zijn kosten verwijderd worden.

Indien een obstakel (niet veroorzaakt door de houder) wordt aangetroffen en verwijderd dient te worden, moeten de BMM en de bevoegde autoriteiten (o.a. Agentschap Onroerend Erfgoed<sup>12</sup>) worden ingelicht alvorens over te gaan tot de verwijdering. Bij de beoordeling van een dergelijk obstakel zal rekening worden gehouden met de mogelijke aanwezigheid van materiële goederen of cultureel erfgoed.

Na het leggen van de kabels zal de vergunninghouder het werkelijke tracé digitaal (shapefile) en op kaart van 1/50.000 aan de BMM overmaken.

Indien tijdens de werken archeologische resten en/of fossiele zoogdierresten worden aangetroffen, moeten de BMM en de bevoegde autoriteiten (o.a. Agentschap Onroerend Erfgoed) worden ingelicht en worden deze resten overgedragen aan het Agentschap Onroerend Erfgoed (als het archeologische resten betreft) of het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (als het fossiele zoogdierresten betreft).

### 16.3.2.2 Aanbevelingen

Er wordt aanbevolen dat de houder naast een side-scan sonar en multibeam survey van het concessiegebied ook een magnetometrie survey uitvoert met Cesium magnetometer (of equivalent) die toelaat om anomalieën te detecteren van minstens 5 nT (nano Tesla). Dat hierbij bijkomende lijnen gevaren worden over gebieden/anomalieën met archaeologisch potentieel (lijnsparatie 15m, aanbevolen towfish hoogte 6m boven de zeebodem). Eventueel geïdentificeerde anomalieën met archeologisch potentieel dienen indien mogelijk door duikers onderzocht te worden.

Het is aanbevolen dat sub-bottom metingen worden uitgevoerd met een lijnsparatie en resolutie die toelaat om de Quartaire afzettingen tot de volledige impact-diepte zeer gedetailleerd in kaart te

---

<sup>12</sup>Op basis van het samenwerkingsakkoord van 2004 tussen het Vlaams Gewest en de federale overheid houdende het maritieme erfgoed

brengen met daarbij specifieke aandacht voor zgn. markers van archeologisch potentieel: veenlagen, fijne afzettingen, en rivierafzettingen. Idealiter dienen de seismische data geïmplementeerd te worden met boringen en/of trilboringen.

Het is aangewezen dat sedimentlagen, gebieden of structuren die worden geïdentificeerd als archeologisch interessant met behulp van boringen, trilboringen, grabsamples of boorstalen verder onderzocht worden.

### *16.4 Monitoring*

De bovenstaande voorwaarden maken verdere monitoring voor dit onderdeel overbodig.

## 17. Monitoring en coördinatie

### 17.1 Algemene visie

De BMM herinnert eraan dat volgens art. 29 van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België, de toezichtsprogramma's en permanente milieueffectonderzoeken worden uitgevoerd door of in opdracht van de in art. 28, §1, van dezelfde wet bedoelde overheid (in casu de BMM) en op kosten van de houder van de vergunningen en machtigingen.

De vereiste monitoring wordt afgeleid van de te verwachten impact van de gemachtigde/vergunde activiteiten op het mariene milieu. Met mariene milieu wordt in eerste instantie verstaan het ecosysteem van de zeegebieden, met inbegrip van de fysische, chemische, geologische en biologische componenten ervan en de functionele verbanden tussen die componenten, maar ook ecosysteemfuncties en milieuwaarden van de zeegebieden die rechtstreeks of onrechtstreeks van nut zijn voor de gebruikers van de zee en de mens in het algemeen aanbelangen.

In het koninklijk besluit van 9 september 2003 wordt gespecificeerd hoe de mogelijke impact a priori dient te worden onderzocht: het milieueffectenrapport (MER) moet een beschrijving en waardering bevatten van de te verwachten betekenisvolle effecten van de activiteit en van de beschreven alternatieven op het mariene milieu en met name, in voorkomend geval, op: de fauna, de flora, de biodiversiteit en de mens, de bodem, het water, de atmosfeer en klimatologische factoren, de energie- en grondstoffenvoorraden, het zeezicht, de materiële goederen en het culturele erfgoed, en de onderlinge wisselwerkingen tussen de voornoemde factoren. Verder bepaalt het KB dat de te beschrijven en waarderen effecten de directe en indirecte, secundaire, cumulatieve en synergetische, permanente en tijdelijke, positieve en negatieve effecten omvatten op korte, middellange en lange termijn. Dat zijn dus ook de factoren die a posteriori moeten kunnen onderzocht worden door een gepaste monitoring.

Vooraleer over te gaan tot het opstellen van een monitoringsprogramma is het nuttig de filosofie achter een dergelijke monitoring kort te schetsen.

De doelstelling van de monitoring is tweeledig. Enerzijds dient de monitoring in staat te zijn de effecten als gevolg van de activiteit a posteriori vast te stellen en te kwantificeren, zodat in voorkomend geval van significante, irreversibele effecten site-specifieke mitigerende maatregelen kunnen worden voorgesteld. Anderzijds dient de monitoring toe te laten deze effecten te begrijpen, zodat de verzamelde kennis kan gebruikt worden om de verdere uitoefening van de activiteit en toekomstige gelijkaardige activiteiten a priori bij te sturen en dus nefaste effecten op voorhand uit te sluiten (= niet site-specifiek). De eerste doelstelling kan als een site-speciek controlemechanisme worden beschouwd, terwijl de tweede doelstelling de anticiperende waarde van de monitoring in functie van toekomstige projecten nastreeft.

Daarenboven worden binnen de monitoring twee aspecten onderscheiden: basismonitoring en gerichte monitoring. De basismonitoring heeft tot doel de geïntegreerde, langetermijneffecten van offshore windmolenparken op het mariene ecosysteem te kunnen kwalificeren en kwantificeren. De gerichte monitoring heeft tot doel de processen en dus de oorzaak-gevolg relaties achter de geobserveerde impacts te ontrafelen. De basismonitoring laat bijgevolg toe de aanvaardbaarheid van de milieueffecten van windmolenparken *a posteriori* te testen en op basis hiervan hypothesen omtrent oorzaak-gevolg relaties te postuleren. De gerichte monitoring laat dan weer toe het proces, verantwoordelijk voor de impact, te begrijpen en zodoende – indien noodzakelijk – milderende maatregelen voor toekomstige offshore windmolenparken te formuleren.

Bovenstaande filosofie houdt enkele principes in:

1. de monitoring moet de verwachte effecten in het licht kunnen stellen, i.e. de aard van het effect, de intensiteit ervan, de plaats waar het voorkomt;
2. hiervoor moet onontbeerlijk de baseline- of nulsituatie vóór het begin van de activiteit worden vastgesteld;
3. milieu-effecten die niet voorspeld waren, moeten eveneens kunnen opgespoord/opgepikt worden, i.e. onverwachte veranderingen van het ecosysteem die verband houden met de activiteit (natuurlijke variaties en variaties veroorzaakt door andere, bredere processen zoals globale opwarming moeten kunnen uitgesloten worden);
4. onverwachte gebeurtenissen, i.e. incidenten die ontstaan als gevolg van de vergunde activiteit en die een impact kunnen hebben op het milieu, moeten kunnen gekarakteriseerd worden;
5. de monitoring moet het oorzakelijke verband met de vergunde activiteiten en de overeenkomende verantwoordelijkheden vaststellen, i.e. de aard, intensiteit, plaats en tijd van voorkomen van de oorzaak, en dus bron van de storing, alsook – zo mogelijk – het mechanisme van de relatie met het waargenomen effect;
6. na de impact moet de nieuwe samenstelling en functionele toestand van het ecosysteem kunnen beschreven worden, i.e. naast de rechtstreekse gevolgen van de activiteit moeten de herschikkingen van het systeem en nieuwe evenwichten opgenomen worden;
7. tijdelijke en permanente effecten op natuurwaarden en ecosysteemfuncties moeten kunnen geëvalueerd worden: hiermee wordt verwezen naar de regelgeving, in het bijzonder de EU richtlijnen, die de evaluatie van impacten aan de hand van instandhoudingsdoelstellingen aanmoedigen;
8. alhoewel de monitoring zich in hoofdzaak zal richten op het in situ waarnemen van de milieueffecten, kan de monitoring ook in situ en ex situ experimenten vereisen. Deze experimenten moeten bijdragen tot het begrijpen van bepaalde effecten;
9. de monitoring dient te worden uitgevoerd door wetenschappers met een grondige kennis en ervaring, dit ter maximalisatie van de compatibiliteit van de over lange termijn verzamelde gegevens. Voor de monitoring dienen daarom de meest geschikte middelen en technieken te worden gebruikt en op een zodanig manier dat vergelijking met ander, gelijkaardig onderzoek mogelijk is. Daarbij kan nuttig gebruik gemaakt worden van de gestandaardiseerde bemonsteringsmethoden zoals gepubliceerd als ISO en of NBN normen meer bepaald: NBN EN ISO 5667-1, ISO 16665:2005, ISO 19493:2007;
10. in functie van de verkregen resultaten moet de mogelijkheid bestaan om de monitoring aan te passen om nieuwe kennis in het monitoringsprogramma te kunnen incorporeren en zo optimaal met de ter beschikking gestelde middelen om te gaan
11. de resultaten van deze monitoring worden beoordeeld volgens de kwaliteitscriteria van het mariene milieu bepaald door de nationale, Europese en internationale regelgeving. Daarnaast houdt deze evaluatie rekening met de resultaten van andere gepubliceerde bronnen, zoals mariene onderzoeksprogramma's die zich bezighouden met gerelateerde onderwerpen.

Het is vanzelfsprekend dat sommige milieueffecten (bv. geluid veroorzaakt door het heien van palen in de zeebodem) activiteit- en tijdspecifiek zullen zijn terwijl andere milieueffecten (bv. de vernietiging van een bepaalde biotoop onder kunstmatige bouwwerken of in een stortplaats) site-specifiek zullen zijn. Hieruit volgt dat een deel van de monitoring specifiek is voor elk concessiegebied en dus bij elk project moet herhaald worden, terwijl andere onderdelen van de monitoring gemeenschappelijk zijn voor alle projecten. In de uitvoering van het monitoringsprogramma zal er bijgevolg voor gezorgd worden dat verworven kennis ten voordele van

alle projecten geëxploiteerd wordt.

Om het voorziene monitoringsprogramma op te stellen werd bijgevolg, zoals reeds toegepast bij de andere vergunningshouders, voor een geïntegreerde aanpak gekozen. Na de baselinestudies die noodzakelijk site-specifiek zijn, wordt een gecombineerd programma van metingen en bemonsteringen opgesteld. Dit programma loopt voor de bestaande projectconcessies en het Seastar project zal hierin geïntegreerd worden. Volgens de toekomstige ontwikkelingen zal het programma met de gepaste flexibiliteit kunnen worden herschikt en de inspanning en kost zal verdeeld worden onder de vergunningshouders op een billijke manier. Er werd dus een dynamisch proces opgezet, waarvan de doeltreffendheid regelmatig in overleg met de vergunninghouders zal kunnen worden herzien.

De in het MEB opgeven staalnamefrequenties, aantal stalen en technieken zijn indicatief en dienen aangepast te worden in functie van de funderingstypes van de windmolens en het windmolenpark en de praktische haalbaarheid. Er dient zoveel mogelijk samengewerkt te worden bij het monitoren van de verschillende onderdelen en er dient ook overleg gepleegd te worden met de exploitant om de mogelijkheden te onderzoeken om bepaalde middelen (zoals bv. scheepstijd) gezamenlijk te gebruiken. Binnen het onderzoek naar de effecten van de verschillende windmolenparken op het BDNZ zal er ook gestreefd worden naar een maximale synergie teneinde het onderzoek zo efficiënt mogelijk uit te voeren.

## 17.2 Voorgesteld programma

Zoals bij wet voorzien, worden de toezichtsprogramma's en permanente milieueffect-onderzoeken uitgevoerd door of in opdracht van de BMM en op kosten van de houder van de vergunningen en machtigingen en dit voor de duur van de vergunning.

De algemene coördinatie van de monitoringsprogramma's moet door de BMM gebeuren. Tabel 17.1 geeft een overzicht weer van de verdeling van de taken van de monitoring. Op basis hiervan werden de volgende budgettaire tabellen opgesteld. De onderzoeken die door of in opdracht van de houder worden uitgevoerd, worden niet inbegrepen in de budgettering. In voorkomend geval valt de scheepstijd ten laste van de houder en wordt in de berekening van dit budget niet meegerekend. De kosten voor de BMM vermeld in de budgettaire tabellen blijven dan beperkt tot de controle en de evaluatie van de resulterende rapporten.

Tabel 17.1 Overzicht van de uitvoerders en van de onderwerpen van het monitoringsprogramma

SEASTAR	veldwerk	onderzoek	rapportering	beoordeling
coördinatie	BMM	BMM	BMM	BMM
hydrodynamica en sedimentologie	SEASTAR	SEASTAR	SEASTAR	BMM
onderwatergeluid	BMM	BMM	BMM	BMM
data	BMM/SEASTAR	BMM/SEASTAR	BMM/SEASTAR	BMM
zeezicht	SEASTAR	SEASTAR	SEASTAR	BMM
benthos en visfauna	BMM	BMM	BMM	BMM
avifauna en vleermuizen	BMM	BMM	BMM	BMM
zeezoogdieren	BMM	BMM	BMM	BMM

De BMM beschouwt deze werkverdeling als de meeste geschikte voor het wetenschappelijk en operationeel verloop van de monitoring en tevens de meeste economische, maar erkent dat andere verdelingen kunnen in overweging genomen worden. Als de BMM in overleg met de vergunninghouder er voor zou kiezen om bepaalde onderzoeken (die in bovenstaande tabel uitgevoerd

worden door de BMM) door derden te laten uitvoeren, dan dienen voorafgaand aan deze onderzoeken de methodiek en het monitoringsprogramma ter goedkeuring voorgelegd te worden aan de BMM met de garantie dat de door derden verworven gegevens volledig compatibel zijn met de reeds bestaande dataset. In voorkomend geval blijft de BMM verantwoordelijk voor de beoordeling. Er kan tevens voor gekozen worden om onderzoeken die door of in opdracht van de vergunninghouder uitgevoerd moesten worden door de BMM te laten uitvoeren. In dit geval vallen de kosten ten laste van de houder en zal het budget aangepast worden.

De resultaten van de door de houder uitgevoerde onderzoeken worden door de houder aan de BMM geleverd in de vorm van ruwe data, geanalyseerd en becommentarieerd in een verklarend en besluitend rapport. Deze rapporten moeten ieder jaar bij het jaarlijkse uitvoeringsverslag gevoegd worden. Alle monitoringsgegevens die door de houder worden verzameld, dienen volgens een op voorhand met de BMM afgesproken formaat en drager (papier, digitaal) aan de BMM te worden overgemaakt. Het concessiegebied bevindt zich in zee in een openbaar domein, waarover België rechtsbevoegdheid en internationale verplichtingen heeft. Hieruit vloeit voort dat alle monitoringsgegevens - behalve deze die rechtstreeks noodzakelijk zijn voor de bouw en exploitatie van het park waarop bepaalde regels van vertrouwelijkheid van toepassing kunnen zijn - eigendom worden van de Staat.

### *17.3 Voorgestelde planning*

Hieronder wordt, rekening houdend met de resultaten van de milieueffectenbeoordeling (MEB), het monitoringsplan voorgesteld door de BMM. Alle in Tabel 17.1 vermelde disciplines moeten op afdoende wijze behandeld worden tijdens de nul-fase en de eerste fase van 5 jaar (constructie jaar (jaren) en begin van de exploitatiefase). Aangezien de (cumulatieve) effecten van windmolens op het mariene milieu enkel en alleen op lange termijn kunnen worden ingeschat, behelst de monitoring van de Belgische offshore windmolenparken een lange-termijn perspectief.

Uit de ervaring opgedaan door de BMM tijdens de uitvoering van de monitoring sinds 2008 (eerste jaar van de eerste vergunningshouder) wordt afgeleid dat het equivalent van 2500 mandagen<sup>13</sup> per jaar volstaat ter uitvoering van de wettelijke monitoringsopdracht voor een periode van 15 jaar (dus, tot 2022) en voor de volledige windmolenzone in Belgische wateren. De verdere verplichtingen van Seastar na het einde van zijn eerste fase zullen gedefinieerd worden, rekening houdend met een geschikte verdeling van de monitoring tussen de verschillende vergunningshouders. De maximale bijdrage van iedere vergunninghouder wordt aan 5357 mandagen geplafoneerd vanaf zijn nul-fase tot eind 2022. In voorkomend geval zullen de bepalingen voor de periode na 2022 ook ten gepaste tijde gedefinieerd worden.

De nul- fase omvat de monitoring gekoppeld aan de pre-constructiefase en richt zich zodoende op de vaststelling van de referentiesituatie, i.e. de milieutoestand vóór uitvoering van de werken. Deze fase vangt ten vroegste aan op de datum waarop de milieuvergunning gepubliceerd wordt en loopt tot het jaar waarin de eerste constructie-activiteiten plaats vinden.

De eerste fase vat aan in het jaar van de eerste constructie-activiteiten en loopt over een periode van vijf jaar. Na deze eerste periode worden de resultaten van de monitoringsactiviteiten grondig geëvalueerd. De fasen hier vermeld beginnen altijd op 1 januari van het betreffende jaar.

---

<sup>13</sup> De BMM gebruikt de mandag (MD) als rekeneenheid. Zie toelichting hieronder (17.5).

Het monitoringsplan en de resultaten van de monitoring worden door de overheid jaarlijks beoordeeld. Aan de hand van deze beoordeling kan het monitoringsplan jaarlijks worden herzien. Indien de monitoring of andere informatiebronnen aantonen dat onverwachte effecten van de activiteit optreden, waarvoor geen specifieke monitoring voorzien werd, dient de monitoring aangepast te worden om hiermee rekening te houden. Het opstellen van het plan, de beoordeling en de algemene coördinatie van de monitoringsprogramma's moeten door de BMM gebeuren. Vanuit deze informatie zal de BMM voorstellen formuleren voor de inhoud en de uitvoering van het verdere monitoringsprogramma, samen met mogelijke voorstellen van wijzigingen van de voorwaarden. DeBMM zal hierover advies geven aan de minister.

De te verwachten effecten zijn sterk afhankelijk van de uiteindelijke keuze van funderingstypes en installatietechnieken. Verschillende onderdelen van de monitoring zijn opgesteld om de effecten van specifieke funderingstypes en installatietechnieken te onderzoeken en de uitvoering van deze onderdelen is dan ook afhankelijk van de uiteindelijke invulling van het SEASTAR project (Tabel 17.2).

Tabel 17.2 Overzicht van de voorziene monitoring in functie van de concrete invulling van het SEASTAR project

	Hoofdstuk in deze MEB	Gravitaire funderingen	Monopile of jacket funderingen met heien	Monopile of jacket funderingen met suction bucket
<b>Algemeen</b>				
Coördinatie		X	X	X
Data		X	X	X
<b>Hydrodynamica en sedimentology</b> 6				
Turbiditeit		X		X
Erosie – funderingen		X	X	X
Evolutie – stockage zand		X		
Begravingsdiepte kabels		X	X	X
<b>Geluid en seismisch onderzoek</b> 7				
Referentiesituatie onderwatergeluid		X	X	X
Onderwatergeluid constructiefase			X	X
Onderwatergeluid exploitatiefase			X	X
<b>Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen</b> 10				
Hard substraat		X	X	X
Zacht substraat		X	X	X
Vislarven			X	
Grindbiotop*		X	X	X
Zandspiering**		X	X	X
<b>Zeezoogdieren</b> 11				
Verspreiding zeezoogdieren		X	X	X
Effect van heigeluid			X	
<b>Avifauna en vleermuizen</b> 12				
Verspreiding zeevogels		X	X	X
(Ontwijk)gedrag zeevogels		X	X	X
Foeragegedrag grote meeuwen		X	X	X
Vleermuizen		X	X	X
<b>Zeezicht</b> 15				
Zeezicht (opvolgstudie)		X	X	X

\* Enkel indien uit het voorafgaande grondonderzoek blijkt dat in het Seastar concessiegebied grindvelden voorkomen

\*\* Enkel als er een paaigebied vastgesteld is in het Seastar concessiegebied

## *17.4 Locatie van de monitoringswerkzaamheden*

De monitoring moet niet beperkt blijven tot het concessiegebied en het kabeltracé. Indien gerechtvaardigd door de verwachte omvang van de directe en indirecte effecten van de vergunde activiteit zullen de monitoringswerkzaamheden zich in de omgeving van het concessiegebied en het kabeltracé kunnen uitstrekken. Goed afgebakende referentiezones zullen ook onder toezicht gehouden worden, om effecten die geen verband houden met de activiteit te kunnen uitsluiten.

De houder dient, mits goedkeuring door het Begeleidingscomité, wetenschappelijk onderzoek kosteloos toe te laten binnen de concessiezone. De BMM behoudt zich het recht voor om monitoring en wetenschappelijk onderzoek uit te voeren binnen het concessiegebied en op de structuren, op voorwaarde dat de veiligheid wordt gerespecteerd en dat de houder in kennis wordt gebracht conform de overeen te komen procedures.

## *17.5 Schatting van het budget*

Het budget werd geschat conform artikel 24, § 2, van het KB MEB van 9 september 2003. Om praktische redenen, zijn alle budgettaire posten uitgedrukt in mandagen. Deze posten omvatten de personeels- en werkingkosten van de BMM en de investeringskosten (zie indicatief overzicht van het benodigde materiaal Tabel 17.3).

Voor de schuldvordering, worden de prestaties in mandagen vermenigvuldigd met het forfaitaire dagtarief beschouwd als voldoende bewijs van de gemaakte kosten voor het personeel van de BMM en zijn werking. Wat de investeringsuitgaven betreft, zullen copieën van inkoopfacturen als bewijs dienen.

De kostprijs van een forfaitair dagtarief bedraagt 495,48 euro per mandag in basiswaarde (100%) van november 2013 te indexeren volgens de index der consumptieprijzen. Op jaarbasis wordt een berekening opgemaakt van de werkelijk gemaakte kosten, die wordt doorgestuurd naar de houder. De index gebruikt voor de schuldvordering is de gemiddelde index voor het desbetreffende gefactureerde jaar.

Onderstaande budgettering houdt rekening met het feit dat de BMM de RV Belgica en haar observatievliegtuig gratis ter beschikking stelt van het monitoringsprogramma. In uitzonderlijke geval kan voor zekere specifieke staalnames, door de BMM gevraagd worden aan de exploitant om één van zijn werkschepen kosteloos ter beschikking te stellen van de BMM. Indien de exploitant geen schip ter beschikking wenst te stellen, dient hij de kosten van een ander werkschip te dragen, conform de overeen te komen operationele afspraken.

In Tabel 17.4 wordt een samenvatting gegeven van de geschatte werklust voor elk onderdeel van het monitoringsprogramma. De bedragen die in dit hoofdstuk monitoring worden vermeld, zijn budgettaire ramingen. Ze moeten worden beschouwd als indicatief en maximaal.

De BMM verbindt zich ertoe deze kosten binnen het budget te houden, rekening houdend met de gewone indexstijging. Binnen deze budgettaire envelop, behoudt de BMM het recht om het monitoringsprogramma aan te passen aan de beschikbare middelen en de werklust tussen de verschillende posten te verschuiven, alsook tussen de verschillende jaren, afhankelijk van de noodzaak ervan en de vooruitgang van de werken.



Tabel 17.3 Globaal overzicht van het benodigde materiaal voor de uitvoering van het monitoringsprogramma Seastar.

Onderwerp	Materiaal	Schatting kostprijs in euro (november 2013)	Omgerekend in MD
<b>Onderwatergeluid</b>	kosten en onderhoud recorders	73.330,62 €	148
<b>Benthos</b>	labomateriaal	15.855,27 €	32
<b>Benthos</b>	duikmateriaal	19.819,09 €	40
<b>Zeezoogdieren</b>	aankoop voor 8 Porpoise Detectors (PoDs)	16.350,75 €	33
<b>Zeezoogdieren</b>	verankering Pods T0 en constructie	5.945,73 €	12
<b>Zeezoogdieren</b>	verankering Pods exploitatie	59.457,26€	120
<b>Avifauna</b>	bijdrage onkosten vogelradar, DT bird, Bat detectoren	98.599,95 €	199
<b>TOTAAL</b>		<b>289.358,67 €</b>	<b>578</b>

Tabel 17.4 Globale werklast in mandagen voor de uitvoering van het monitoringsprogramma Seastar.

		nul-fase	eerste fase van 5 jaar				
	Ref. in de MEB	Voor het begin van de werken	Construc- tiefase	.-> ....	Exploitatiefase		
		budget/per jaar	jaar 1	jaar 2	jaar 3	jaar 4	jaar 5
Coördinatie		80	80	80	80	80	80
Hydrodynamica en sedimentologie	6.4	31	31	30	30	30	30
Onderwatergeluid - personeel	7.4.1	56	74	72	63	63	63
Onderwatergeluid - materiaal	7.4.1	37	37	37	37	0	0
Data	8.3.3	20	20	20	20	20	20
Benthos - Hard substraat	10.4.1	0	53	53	53	53	53
Benthos - Hard kabel	10.4.1	0	30	30	30	30	30
Benthos - Hard substraat materiaal	10.4.1	0	18	18	18	18	0
Benthos - Zacht substraat	10.4.2	282	72	72	72	72	72
Benthos - Vislarven	10.4.3	0	10	10	10	10	10
Benthos – Grind	10.4.4	27	27	0	0	27	0
Benthos - Zandspiering	10.4.5	75	0	0	0	75	0
Zeezoogdieren - personeel	11.4	75	75	75	75	75	75
Zeezoogdieren - materiaal	11.4	15	15	15	40	40	40
Avifauna en vleermuizen - personeel	12.4	100	100	100	100	92	92
Avifauna en vleermuizen - materiaal	12.4	84	21	21	21	52	0
Zeezicht	15.4	0	0	5	2	0	0
<b>TOTAAL</b>		<b>882</b>	<b>663</b>	<b>638</b>	<b>651</b>	<b>735</b>	<b>565</b>



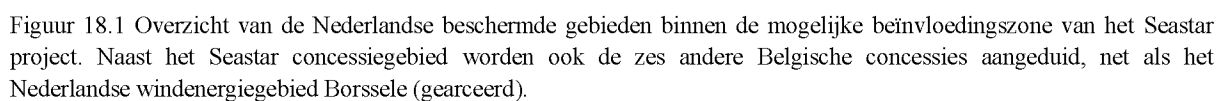
## 18. Grensoverschrijdende effecten

### *18.1 Algemeen*

De zone voorbehouden voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011) in de Belgische zeegebieden bevindt zich langsheen de grens met de Nederlandse zeegebieden. De concessie van Seastar is dan ook gelegen tot op een afstand van ~500 meter van de Nederlandse grens. In het kader van het Verdrag van Espoo werden de grensoverschrijdende milieueffecten van de realisatie van het Seastar windmolenpark onderzocht in deze MEB.

### *18.2 Effecten in het Nederlands deel van de Noordzee*

Gezien de beperkte afstand tot Nederlandse wateren kan verwacht worden dat vrijwel alle effecten die tot buiten het Seastar concessiegebied waarneembaar zijn ook zullen optreden in Nederlandse wateren. Voor een bespreking van deze effecten wordt verwezen naar de voorgaande hoofdstukken van deze MEB. Hieronder worden specifiek de effecten besproken van de realisatie van het Seastar project op de NATURA 2000 gebieden in Nederland. Volgens artikel 6 van de Habitatrichtlijn wordt immers een passende beoordeling vereist voor alle plannen en projecten die mogelijk negatieve gevolgen kunnen hebben voor een beschermd gebied. De milieueffectenbeoordeling gekoppeld aan de bij de KB's van 2003 voorziene vergunningsprocedure voor mariene activiteiten houdt inspraakmogelijkheden in en houdt rekening met de instandhoudingsdoelstellingen voor de NATURA 2000 gebieden. De MEB wordt door de Federale overheid beschouwd als een passende beoordeling die tegemoet komt aan de vereisten van de Habitatrichtlijn, artikel 6. Indien uit de plannen blijkt dat ze schadelijk zijn in het kader van de achtergrond van het aanduiden van de gebieden, dan mogen ze niet doorgaan, tenzij er sprake is van groot openbaar belang. In dat laatste geval dienen compenserende maatregelen te worden genomen in het gebied of in een vergelijkbaar gebied. Een overzicht van de betrokken Nederlandse NATURA 2000-gebieden wordt weergegeven in Figuur 18.1 en Tabel 18.1.



Tabel 18.1 Overzicht van de behandelde Nederlandse NATURA 2000-gebieden

Gebied	Habitatrichtlijn gebied	Vogelrichtlijn gebied	Bespreking effecten op Zeezoogdieren	Bespreking effecten op Avifauna	Bespreking effecten op Benthos en Vis	Minimum afstand tot het Seastar-projectgebied (in km)
Grevelingen	X	X		X		64,5
Krammer-Volkerak	X	X		X		86
Oosterschelde	X	X		X		54
Veerse Meer		X		X		50,5
Vlakte van de Raan	X		X		X	22,5
Voordelta	X	X	X	X	X	24,5
Westerschelde en Saeftinghe	X	X	X	X	X	39
Zoommeer		X		X		89

### 18.3 Effecten in het Frans deel van de Noordzee

Gezien de relatief grote afstand tot het Frans grondgebied kan verwacht worden dat slechts een paar van de effecten die tot buiten het Seastar concessiegebied waarneembaar zijn ook gevolgen kunnen hebben tot in het Frans grondgebied: verstoring: effecten op migrerende zangvogels (zie Hoofdstuk 12) en mobiele populaties van zeezoogdieren. De Seastar concessie ligt op een afstand van 46 km tot het dichtstbijzijnde Franse Natura 2000 gebied: Bancs des Flandres. Dit gebied wordt gekenmerkt door ondiepe zandbanken en is vooral van belang voor gewone zeehond (*Phoca vitulina*), bruinvis (*Phocoena phocoena*) en grijze zeehond (*Halichoerus grypus*).

### 18.4 Instandhoudingsdoelstellingen

Bij de bespreking van de instandhoudingsdoelstellingen en natuurwaarden zullen enkel de voor dit dossier relevante aspecten behandeld worden. De instandhoudingsdoelstellingen hier weergegeven zijn afkomstig van <http://www.noordzeenatura2000.nl> (bezocht in november 2013) en Jak *et al.*, (2009) voor de Nederlandse gebieden en <http://bancsdesflandres.n2000.fr/> (bezocht in december 2013) voor het Franse gebied.

In de beoordeling van de effecten op avifauna worden enkel de zeevogels besproken. Het is mogelijk dat migrerende niet-zeevogels via de Seastar site doortrekken, maar momenteel is de rol van dit gebied als migratiecorridor een leemte in de kennis (zie hoofdstuk 12). Verschillende studies tonen aan dat de meeste soorten ontwijkgedrag vertoonden wanneer ze een offshore windmolenpark naderen (Fox *et al.*, 2006; Petersen *et al.*, 2006; Krijgsveld *et al.*, 2010). Maar dit betekent vermoedelijk niet dat de bereikbaarheid van de Nederlandse Natura 2000 gebieden in het gedrang komt door de realisatie van dit project. Het radar-onderzoek besproken in Hoofdstuk 12 van deze MEB zal hierover meer informatie aanleveren.

#### Grevelingen

Het Natura 2000 gebied ‘Grevelingen’ werd aangewezen voor onder meer grote stern *Sterna sandvicensis*, visdief *Sterna hirundo* en dwergstern *Sternula albifrons*, die alledrie zijn opgenomen in de Bijlage I van de Vogelrichtlijn. De instandhoudingsdoelstellingen voor grote stern, visdief en

dwergstern zijn 'behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied als bijdrage aan de draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van ten minste 4.000 paren grote stern, 6500 paren visdief en 300 paren dwergstern'. Die populaties zijn gedefinieerd op regionaal niveau vanwege het sterk wisselende voorkomen per gebied en hebben betrekking op de volgende gebieden: Grevelingen, Haringvliet, Krammer-Volkerak, Oosterschelde, Westerschelde & Saeftinghe, en Zoommeer.

#### *Krammer-Volkerak*

Krammer-Volkerak is o.a. aangeduid voor visdief, dwergstern en kleine mantelmeeuw *Larus fuscus*. De doelstelling voor kleine mantelmeeuw is het behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied om 810 broedparen te ondersteunen. De gebiedsdoelstelling van Krammer-Volkerak voor kleine mantelmeeuw sluit aan bij de landelijke doelstelling, die luidt 'behoud van de omvang en behoud van de kwaliteit van het leefgebied voor behoud van de populatie van 43.000 paren'. De instandhoudingsdoelstellingen voor visdief en dwergstern sluiten aan bij de regionale doelstellingen (zie: 'Grevelingen').

#### *Oosterschelde*

De Oosterschelde werd aangemeld voor grote stern, visdief, dwergstern en noordse stern *Sterna paradisaea*. De instandhoudingsdoelstellingen voor de eerste drie soorten sluiten aan bij de regionale doelstellingen (zie: 'Grevelingen'). Voor noordse stern geldt ook dat de omvang en de kwaliteit van het habitat moet behouden blijven zodat een populatie van 20 broedparen ondersteund wordt. De Oosterschelde is verder o.a. ook nog aangemeld voor aalscholver *Phalacrocorax carbo* en kuifduiker *Podiceps auritus*.

#### *Veerse Meer*

Het Veerse Meer is onder meer aangeduid voor de broedvogels kleine mantelmeeuw en aalscholvers. De instandhoudingsdoelstellingen voor deze soorten zijn het behoud van de omvang en het behoud van de kwaliteit van het leefgebied als bijdrage aan de draagkracht voor de populatie van het Deltagebied van ten minste 590 en 300 paren, respectievelijk. De doelstelling voor kleine mantelmeeuw sluit aan bij de landelijke doelstelling (zie: 'Krammer-Volkerak'). De broedkolonie bevindt zich hoofdzakelijk op de Middelpaten en soms op de goudplaat.

#### *Vlakte van de Raan*

De Vlakte van de Raan werd in Nederland aangeduid voor het habitatype permanent overstroomde zandbanken (H1110 en H1110B) en voor de volgende soorten: zeeprik *Petromyzon marinus* (H1095), rivierprik *Lampetra fluviatilis* (H1099), fint *Alosa fallax* (H1103), bruinvis *Phocoena phocoena* (H1351), grijze zeehond *Halichoerus grypus* (H1364), gewone zeehond *Phoca vitulina* (H1365).

De instandhoudingsdoelstelling van het habitatype H1110B beoogt een behoud van de kwaliteit en de oppervlakte van dit habitatype. Over de staat van instandhouding van het subtype in de Vlakte van de Raan is nauwelijks iets bekend. Ook heeft de Vlakte van de Raan slechts een beperkte bijdrage aan het landelijk (NL) areaal van dit subtype. Om deze redenen is de doelstelling op behoud gezet.

Voor zeeprik, rivierprik, fint, grijze zeehond en de gewone zeehond is het instandhoudingsdoel het behoud van de omvang van de soort en de kwaliteit van het leefgebied en uitbreiding van de populatie. Voor de bruinvis is er verbeterdoelstelling met betrekking tot de kwaliteit van het

leefgebied.

- Voor zeeprik, rivierprik en fint is de Vlake van de Raan als leefgebied van belang als doortrekgebied. Voor deze soorten zijn in de Vlake van de Raan geen herstelmaatregelen nodig.
- Het belang van de Vlake van de Raan voor de bruinvis is op basis van de beperkte gegevens over het voorkomen van de soort niet met zekerheid te stellen. De Vlake van de Raan maakt deel uit van het grote leefgebied van de bruinvis. Voor zover bekend is het gebied niet van betekenis voor een specifieke functie. Vanwege de sterke verspreiding en mobiliteit van de soort in de gehele Noordzee is generieke bescherming meer geëigend dan bescherming in een specifiek gebied.
- De grijze zeehond en de gewone zeehond hebben de gehele Noordzee als leefgebied. Aangezien droogvallende platen ontbreken in de Vlake van de Raan, heeft het gebied geen functie als voortplantingsgebied.

#### *Voordelta*

De Voordelta werd in Nederland aangeduid voor de volgende natuurlijke habitattypen permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken (H1110), bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten (H1140) en voor de volgende soorten: zeeprik (H1095), rivierprik (H1099), elft *Alosa alosa* (H1102), fint (H1103), grijze zeehond (H1364), gewone zeehond (H1365)

De instandhoudingsdoelstelling voor alle habitattypen beoogt een behoud van de kwaliteit en de oppervlakte van dit habitatype. Voor habitatype 1110B is de Voordelta het belangrijkste gebied voor dit subtype in Nederland met 30% van het landelijk (NL) areaal van dit subtype. Voor habitatype H1140B komt de Voordelta op de tweede plaats met ruim een kwart van de landelijke oppervlakte voor dit subtype.

Voor alle soorten is het instandhoudingsdoel het behoud van de omvang van de soort en het behoud van de kwaliteit van het leefgebied voor uitbreiding van de populatie. Voor de gewone zeehond beoogt het instandhoudingsdoel een verbetering van de kwaliteit van het leefgebied en voor de grijze zeehond is een behoud van de populatie de doelstelling.

- Voor zeeprik, de elft en de fint is de Voordelta van groot belang als leefgebied.
- Voor de rivierprik is de Voordelta van gemiddeld belang als leefgebied
- In de Voordelta heeft men recentelijk een toename van aantallen grijze zeehonden waargenomen. Het is echter onduidelijk of het huidige leefgebied geschikt genoeg is voor een duurzame populatie als er geen immigratie meer zou optreden. Gelet op de recente toename wordt er voorlopig vanuit gegaan dat een behoudsdoelstelling voldoende is.
- De gewone zeehond heeft in het Deltagebied een te laag geboortecijfer waardoor de populatie zich niet in stand kan houden. Er wordt gestreefd naar een populatie van tenminste 200 exemplaren in zuidwest Nederland, waarbij de Voordelta de grootste bijdrage levert. Hiertoe zal in het Voordelta gebied het areaal rustig gebied moeten toenemen waardoor het gebied meer geschikt wordt voor voortplanting.

De Voordelta is aangewezen voor 30 niet-broedende vogelsoorten, waaronder de zeevogels roodkeelduiker *Gavia stellata*, kuifduiker, dwergmeeuw *Hydrocoleus minutus*, grote stern en visdief. Voor deze soorten geldt de doelstelling: 'behoud omvang en kwaliteit van het leefgebied en behoud van de populatie'. De voordelta is voor deze soorten vooral van belang als foerageergebied (voor dwergmeeuw is dit meer specifiek tijdens de trekperiode). De Voordelta heeft voor grote stern en visdief een belangrijke functie als foerageergebied van de broedkolonies in de aangrenzende Natura 2000-gebieden.

#### *Westerschelde en Saeftinghe*

Het gebied van de Westerschelde en Saeftinghe aangeduid voor de volgende natuurlijke habitattypen permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken (H1110B), estuaria (H1130), en voor de volgende soorten: zeeprik (H1095), rivierprik (H1099), fint (H1103) en gewone zeehond (H1365).

De instandhoudingsdoelstelling voor het habitatype met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken beoogt een behoud van de kwaliteit en de oppervlakte van dit habitatype. Voor de estuaria is er een verbetering van de kwaliteit voorzien. Als gevolg van menselijke ingrepen is de oppervlakte (hoogdynamisch) diep water in de Westerschelde sterk toegenomen, waarbij de overgangen naar (laagdynamische) ondiepere delen steil zijn geworden. Voor de Westerschelde houdt kwaliteitsverbetering in: herstel van de afwisseling aan diverse deelecosystemen (laagdynamische en hoogdynamische, diepe en ondiepe, zoete en zoute delen en geleidelijke overgangen tussen al deze deelsystemen) met de bijbehorende hoge biodiversiteit. Verhouding tussen deelsystemen/laag productieve en hoog productieve onderdelen). Voor de zeeprik, de rivierprik en de fint is het instandhoudingsdoel het behoud van de omvang van het leefgebied en het behoud van de kwaliteit van het leefgebied en een uitbreiding van de populatie. Voor de gewone zeehond is het instandhoudingsdoel het behoud van de omvang van het leefgebied, verbetering van de kwaliteit van het leefgebied en een uitbreiding van de populatie.

- Voor de fint is het behoud van de verbinding met Schelde en Eems cruciaal ten behoeve van de paai functie in België en Duitsland.
- De Westerschelde kan een bijdrage leveren aan de regionale doelstelling van ten minste 200 exemplaren in het Deltagebied voor de gewone zeehond. Door het instellen van rustgebieden kan verstoring worden voorkomen. De kwaliteit van het leefgebied is mede afhankelijk van de ontwikkelingen bovenstrooms van de Nederlandse grens in Vlaanderen.

Westerschelde en Saeftinghe is aangewezen voor diverse soorten broedvogels waaronder grote stern, visdief en dwergstern. Verder is het gebied aangewezen voor 23 andere geregeld voorkomende trekvogels waarvoor het gebied van betekenis is als broed-, rui- en/of overwinteringsgebied en als rustplaatsen tijdens de trek. De instandhoudingsdoelstellingen voor grote stern, visdief en dwergstern sluiten aan bij de regionale doelstellingen (zie 'Grevelingen'). Grote stern heeft als broedvogel zijn grootste concentratie op de Hooge Platen, met in 2009 meer dan 5.400 paren, en het is bekend dat deze soort foerageert in de Vlakte van de Raan en Voordelta.

#### *Zoommeer*

Het Zoommeer werd aangemeld voor visdief, waarvoor de instandhoudingsdoelstellingen aansluiten aan bij de regionale doelstellingen (zie 'Grevelingen').



*Bancs des Flandres*

Het gebied Bancs des Flandres werd aangeduid voor het habitatype permanent overstroomde zandbanken (H1110) en voor de volgende soorten: bruinvis *Phocoena phocoena* (H1351), grijze zeehond *Halichoerus grypus* (H1364), gewone zeehond *Phoca vitulina* (H1365).

De instandhoudingsdoelstellingen voor dit gebied worden normaliter eind 2013 of begin 2014 vastgelegd (zie <http://bancsdesflandres.n2000.fr/bancs-des-flandres/le-site-natura-2000-bancs-des-flandres/phasage-de-la-demarche>).

## 18.5 Zeezoogdieren

### 18.5.1 Verwachte effecten: Constructiefase

De effecten op zeezoogdieren in de Nederlandse NATURA 2000 gebieden door de constructie van het windpark Seastar zullen gelijkaardig zijn als de algemene effecten beschreven in Hoofdstuk 11 van deze MEB. In het bijzonder kan heien een verstoring van zeezoogdieren tot gevolg hebben tot op relatief grote afstand, met inbegrip van de volledige Vlakte van de Raan en een gedeelte van de Voordelta.

Edrén *et al.*, (2004; 2010) constateerden een daling in het aantal zeehonden op ligplaatsen op 4-10 km afstand van een windpark tijdens de constructiefase, op dagen waarin geheid werd; mogelijk gingen de zeehonden aan land op verder afgelegen zandbanken. Het totaal aantal zeehonden in het gebied bleef echter gelijk gedurende de volledige constructiefase. Tougaard *et al.*, (2006) konden geen belangrijke effecten aantonen op zeehonden bij de constructie van het Horns Rev windpark. Brasseur *et al.*, (2010a, Brasseur *et al.*, 2010b,) vermoeden een vermijdingsgedrag van zwemmende zeehonden ten opzichte van een heilocatie tot op tientallen km afstand.

De aantallen zeehonden in de kolonies in de Voordelta en de Westerschelde leken in 2011 niet lager dan de jaren daarvoor, hoewel vanaf 7 april tot bijna de hele maand augustus 2011 funderingen voor een windpark geheid werden op de Thorntonbank, ten zuiden van het Seastar projectgebied (C-Power fase 2 en 3). De diameter van de geheide palen was relatief beperkt (1,7 m), en de geluidsemissie onder water tijdens het heien was lager dan vastgesteld bij palen met een grotere diameter (zie Hoofdstuk 7). Er werd volgens onze informatie geen hogere sterfte waargenomen onder zeehonden tijdens de heiwerkzaamheden en er werden een aantal pups geboren zowel in de Voordelta als in de Westerschelde. De propagatie van het geluid tot de Westerschelde – Saeftinghe of de Oosterschelde werd niet onderzocht, maar wordt als niet relevant beschouwd, gezien de grote afstand, de mitigerende maatregelen (oa. seizoenaal heiverbod en beperking van brongeluid – zie Hoofdstukken 7 en 11) en de beperkte mogelijkheden voor propagatie van geluid ontstaan in het Seastar projectgebied tot deze gebieden. De BMM is niet op de hoogte van gericht onderzoek naar mogelijke effecten op zeehonden in de Westerscheldemonding of in de Voordelta door het heien op de Thorntonbank.

Er wordt vastgesteld dat veel van de zeehonden die zich dicht bij de kust en in de Westerschelde ophouden aan relatief hoge geluidsniveaus blootgesteld worden door scheepvaart; vooral de Westerschelde is een druk bevaren gebied, en het is niet gekend in welke mate de zeehonden die daar verblijven daar hinder van ondervinden. Geluid afkomstig van scheepvaart in het gebied is echter van chronische aard, met mogelijke gewenning, terwijl het geluid van heien ter hoogte van de

Thorntonbank, en mogelijk in de toekomst ten noorden ervan, en mogelijk ter hoogte van de Westerscheldemonding nog hoorbaar voor zeehonden, eerder acuut is.

Zoals beschreven hierboven, worden geen acute, fysieke effecten verwacht bij zeezoogdieren, mits het naleven van de voorwaarden (zie Hoofdstukken 7 en 11). Door het niet heien tussen januari en april wordt verstoring vermeden in de periode waarin de hoogste densiteiten bruinvissen voorkomen in de kustwateren van de zuidelijke Noordzee. Het is mogelijk dat zeehonden in de kolonies in de Voordelta en de Westerschelde zich tijdens het heien vaker en langer uit het water zullen begeven (cfr. resultaten van onderzoek gerefereerd hierboven). Dit kan tot gevolg hebben dat ze minder lang foerageren. Deze effecten zullen echter beperkt zijn in duur.

### 18.5.2 Verwachte effecten: Exploitatiefase

De effecten tijdens de exploitatiefase zullen zeer beperkt zijn, gezien de slechts beperkte verhoging van het onderwatergeluid die verwacht wordt, de hoorbaarheid voor zeezoogdieren van draaiende turbines, en de afstand van het Seastar windpark tot de Nederlandse en Franse Natura 2000 gebieden.

Als cumulatief effect zal mogelijk een barrière-effect optreden voor migrerende zeezoogdieren; er blijft echter een ruime strook langs de kust waar ze kunnen migreren, en vermoedelijk vermijden zeezoogdieren een park in de operationele fase niet (vb. Scheidat *et al.*, 2011).

Modellering van de verspreiding en drift van olie die vrijkomt na een scheepsongeval in het Belgische windmolengebied (Dulière en Legrand, 2011 en Hoofdstuk 8) toont aan dat zeezoogdieren in de Vlakte van de Raan en de Voordelta, inclusief de zeehondenkolonies, kunnen getroffen worden bij bepaalde weersomstandigheden. De mogelijke effecten zijn zeer afhankelijk van het jaargetijde (watertemperatuur en aanwezigheid van dieren), de toestand van de zee ('sea state'), het type olie, etc. Daardoor is het moeilijk te voorspellen wat de effecten zullen zijn. In een worst-case scenario kunnen enkele honderden zeehonden, inclusief pups, met olie besmeurd raken. De effecten zijn onder meer hypothermie, vergiftiging door opname van olie of met bepaalde stoffen gecontamineerde voedselorganismen, verminderde mogelijkheden voedsel te zoeken, problemen door inademen van giftige dampen of oliepartikels in de lucht, infecties van ogen of huid, etc. Daar waar volwassen zeehonden, met een dikke speklaag, mogelijk kunnen overleven tot het wisselen van de haren, zijn vooral zeehondenpups gevoelig voor hypothermie. Dergelijke risico's zijn gelijkaardig aan de reeds bestaande risico's door scheepvaart en gezien de relatief beschutte locatie van het Seastar project neemt de kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie in de Belgische Noordzee als gevolg van het risico op aanvaring met een Seastar windturbine slechts in geringe mate toe (Marin, 2013a).

### 18.5.3 Verwachte effecten: Ontmantelingsfase

Waarschijnlijk zullen de grensoverschrijdende effecten die optreden tijdens de ontmantelingsfase gelijkaardig of geringer zijn dan deze in de constructiefase.

### 18.5.4 Beoordeling

Conflicten met de doelstellingen voor de gewone en grijze zeehond in de Voordelta (Beheerplan Voordelta, RWS, juli 2008) worden niet verwacht. Die doelstellingen houden in dat het gebied geschikt blijft voor zeehonden en de praktische maatregelen om dit te bereiken zijn er vooral op

gericht lokale verstoring van zeehonden die rusten en zich voortplanten op de droogvallende platen te vermijden. Zo worden de betreding van platen en het vissen met staand want in de buurt van de platen beperkt.

De mogelijke effecten van de constructie en exploitatie van het Seastar windpark op de bruinvis zijn in de Nederlandse Natura 2000 gebieden gelijkaardig als in Belgische wateren, waar de aantallen bruinvissen ook als significant worden beschouwd in het kader van de Habitatrichtlijn (zie Degraer *et al.*, 2009). Ongetwijfeld zal een deel van de bruinvissen die zich in het gebied Vlakte van de Raan bevinden, verstoord worden als er geheid wordt tijdens de constructiefase. In het Frans Natura 2000 gebied zullen er geen directe gevolgen optreden, maar zouden er wel indirecte gevolgen kunnen zijn ten gevolge van het heien bv. een tijdelijke verhoging van densiteiten door een toevloed van dieren die de zone van verstoring ontvluchten. De voorwaarden die gesteld worden (zie Hoofdstukken 7 en 11), moeten echter een significante negatieve impact op bruinvissen door de constructie en exploitatie van het windpark voorkomen en moeten vermijden dat het gebied ongeschikt wordt als deel van hun natuurlijke habitat. Er wordt bijgevolg verwacht dat de eventuele verstoring tijdelijk zal zijn, en dat een volledig herstel zal optreden.

De effecten op zeezoogdieren in de Natura 2000 gebieden (Nederland en Frankrijk) worden als aanvaardbaar geacht, gezien ze tijdelijk en lokaal zullen zijn, gezien de afstand tot de zeehondenkolonies in de Nederlandse Delta en in Frankrijk, gezien het uitgebreide foerageergebied van zeehonden, gezien het ruime verspreidingsgebied van bruinvissen, en mits het naleven van de voorwaarden (zie Hoofdstukken 7 en 11).

### *18.6 Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen*

De Nederlandse NATURA 2000 gebieden die het dichtst bij de projectzone liggen en dus eventueel gevolgen van de activiteiten zouden kunnen ervaren zijn de Vlakte van de Raan en de Voordelta. De Vlakte van Raan en de Voordelta werden onder meer aangewezen voor Habitat 1110B – permanent overstroomde zandbanken. Dit habitat komt veel voor in de zuidelijke Noordzee. Tijdens de constructie- en exploitatiefase van het Seastar Windmolenpark worden geen veranderingen in de bodemdichtheid of bodemsamenstelling verwacht op Nederlandse NATURA 2000 gebieden en de instandhoudingsdoelstelling voor dit habitattype op Nederlandse bodem worden niet gehypothekeerd.

Van de beschermde vissen - zeeprik, rivierprik en fint - in de Voordelta en de Vlakte van De Raan zijn geen kwantitatieve data bekend (Jak *et al.*, 2009). Alle in de Voordelta en de Vlakte van de Raan beschermde vissoorten zijn migrerende diadrome vissen. Voor de Voordelta zijn de instandhoudingsdoelstellingen voor vissen niet gekwantificeerd. Voor de Vlakte van de Raan (Jak *et al.* 2009) zijn ze het behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied voor de uitbreiding van de populatie deze vissen. De instandhoudingsdoelstellingen zullen door de constructie- en exploitatie van het Seastar Windmolenpark niet aangetast worden. De belangrijkste beperkende factor in de ontwikkeling van deze beschermde vissoorten ligt aan de fluviatiele kant en is de kwaliteit en beschikbaarheid van zoetwaterhabitats en de moeilijke passeerbaarheid van sluizen (Jak *et al.* 2009). Hier hebben de Belgische windparken geen effect op.

Het Franse NATURA 2000 gebied Bancs des Flandres ligt te ver van het projectgebied om enig effect te verwachten op macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen.

## 18.7 Avifauna en vleermuizen

### 18.7.1 Verwachte effecten: Constructiefase

Tijdens de constructie zijn de voornaamste effecten verstoring door de productie van geluid en trillingen ten gevolge van het heien van palen, het kabelleggen en de toegenomen scheepstrafiek en een verhoogde turbiditeit in de waterkolom door baggerwerkzaamheden.

De effecten tijdens de constructiefase van windmolenparken in Denemarken bleken soortspecifiek te zijn. Alkachtigen vermeden de zone, terwijl zilvermeeuw *Larus argentatus* aangetrokken werd door de scheepvaartactiviteit en de mogelijkheid om te rusten op de constructies in aanbouw (Christensen *et al.*, 2003; Petersen *et al.*, 2006). Voor de verstoringgevoelige soorten gaat de constructiefase gepaard met tijdelijk habitatverlies. Dit betekent dus een verstoring in het volledige projectgebied, i.e. 18.3 km<sup>2</sup> (initiële concessiegebied) – 20.3 km<sup>2</sup> (uitgebreid concessiegebied), voor één of twee jaar (afhankelijk van de fasering van het project).

Het onderwatergeluid veroorzaakt door heiwerkzaamheden zorgt voor een erg hoge geluidsdruk in de waterkolom. Zo werd bij het heien van funderingen voor het Belwind windmolenpark een onderwatergeluid van 194 dB re 1 µPa, genormaliseerd tot 750 m van de bron, geproduceerd (Norro *et al.*, 2012). Tijdens het heien van de pinpiles voor de jacket-funderingen van de fase II en III van het C-Power windpark was dit 172 tot 189 dB re 1 µPa, genormaliseerd tot 750 m van de bron. Bij het heien van de turbinepalen bij de aanleg van een windpark op acht zeemijl ten noordwesten van IJmuiden (Nederland) werden er (bij een beperkt aantal waarnemingen) echter geen negatieve effecten vastgesteld op duikende vogels, die het meest kwetsbaar zijn voor onderwatergeluid (Leopold & Camphuysen, 2007).

Heien heeft vermoedelijk ook een negatief effect op vislarven. Initieel werd er aangenomen dat binnen een straal van 1 km van de heilocatie alle vislarven gedood worden (Prins *et al.*, 2009). Dit is echter een worst case scenario en initiële resultaten tonen aan dat dit een overschatting betreft (zie ook Hoofdstuk 10 Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen). Zo werden er geen significante effecten gevonden op de larvale stadia van tong *Solea solea* in een laboratoriumopstelling waar heigeluid tot op een minimum van 100 m werd nagebootst (Bolle *et al.*, 2011; 2013b). Deze resultaten kunnen echter niet geëxtrapoleerd worden voor andere soorten maar tonen wel aan dat de modelresultaten van Prins *et al.* (2009) een overschatting zijn, alvast voor wat tong betreft. Indien heien echter significant negatief zou blijken voor vislarven dan kan dit tot een verminderd voedselaanbod leiden voor visetende vogelsoorten en als dusdanig de kwaliteit van het foeragegebied verminderen.

De volumes zand die gebaggerd en teruggestort worden zijn afhankelijk van de gekozen configuratie en funderingstype. Indien er voor monopile (MP) funderingen of jacket funderingen wordt gekozen, wordt er per fundering respectievelijk 19.000 m<sup>3</sup> en 16.000 m<sup>3</sup> sediment uitgegraven om de funderingslocatie te nivelleren (voor MPs is dit enkel nodig voor de helft van de turbines). Dit zand wordt permanent gestockeerd. Indien er echter gravitaire funderingen worden gebruikt, wordt er 90.000 m<sup>3</sup> sediment per fundering gebaggerd om een funderingsput te maken. Na het plaatsen van de fundering wordt dit sediment mogelijk gebruikt om de funderingsput terug op te vullen (backfill) of als ballast in de fundering (infill) (IMDC, 2013a). Bij een worst case scenario (configuratie 1 met gravitaire funderingen en funderingsputten van 7,5 m diep voor alle turbines), rekening houdend met stortverliezen, zal er meer dan 5.670.000 m<sup>3</sup> sediment gebaggerd en teruggestort worden (voor details

zie Hoofdstuk 6). Deze werken zullen zorgen voor een tijdelijke turbiditeitsverhoging. Het is duidelijk dat dit effect het grootst zal zijn bij gravitaire funderingen. Indien er, tegen de verwachtingen, toch sprake zou zijn van een langdurige turbiditeitsverhoging dan vormt dit een lokale en tijdelijke verstoring voor op het zicht jagende vogels zoals grote stern, visdief en kleine mantelmeeuw.

### 18.7.2 Verwachte effecten: Exploitatiefase

De effecten van windmolenparken tijdens de exploitatiefase op vogels zijn op te delen in twee componenten: een directe en een indirecte. Enerzijds is er de directe mortaliteit door aanvaring van vogels met turbines met een verhoogde mortaliteit binnen de populatie tot gevolg (i.e. aanvaringsaspect), anderzijds zijn er indirecte effecten als gevolg van fysische wijzigingen van het habitat. De aanwezigheid, beweging of het geluid van de turbines kunnen leiden tot verstoring van vogels en dus tot veranderingen in de verspreiding en de densiteiten van vogels en de turbines kunnen een barrière vormen voor migrerende vogels (i.e. verstoringaspect) (Desholm *et al.*, 2005; Fox *et al.*, 2006; Drewitt en Langston, 2006; ...).

Camphuizen (2011) deed onderzoek naar het foerageergedrag van kleine mantelmeeuwen uit de kolonie op Texel. Hiervoor werden een aantal vogels uitgerust met een GPS-logger. Deze data tonen aan dat de windmolenparken OWEZ en Q7, die respectievelijk 48 km en 57 km van de kolonie verwijderd zijn, binnen de range liggen van de onderzochte kleine mantelmeeuwen. Volgens Ens *et al.*, (2007) kunnen foerageervluchten van kleine mantelmeeuw zelfs oplopen tot 90 km. De broedkolonie van kleine mantelmeeuw in het Veerse Meer bevindt zich op de Middelpaten en soms op de Goudplaat, op respectievelijk 60,2 en 55,3 km van de Seastar site. Het Seastar windmolenpark zal zich dus binnen de foerageer range van de kleine mantelmeeuwen in het Veerse Meer bevinden.

Gelijkaardig onderzoek naar het foerageergedrag van de kolonie kleine mantelmeeuwen op de Noordplaat (Krammer-Volkerak) toonde aan dat 98% van de foerageervluchten zich binnen 25 km van de kolonie bevond. De voedselbronnen tijdens het broedseizoen zijn, voor deze kolonie, volledig van terrestrische en zoetwater afkomst. Er werden geen mariene resten aangetroffen (Gyimesi *et al.*, 2011).

Momenteel loopt er een gelijkaardig onderzoek naar het foerageergedrag van stern in de Voordelta. Het is bekend dat de foerageervluchten van grote stern oplopen tot 45 km van de kolonie (Garthe en Flore, 2007). De afstand van Seastar tot de sternkolonie op de Hooge platen in het gebied Westerschelde – Saefthinge is 56,4 km en dus aan de buitengrens van de range van foeragerende grote stern. Ook de kolonies in de Oosterschelde en Grevelingen bevinden zich aan de buitengrens van het foerageergebied van de daar broedende stern.

Recente resultaten van Vanermen *et al.* (2013) suggereren dat het windmolenpark op de Thorntonbank een aantrekkende werking heeft op grote mantelmeeuw, drieteenmeeuw, dwergmeeuw, grote stern en visdief en dat kleine mantelmeeuw en stormmeeuw door het windmolenpark op de Bligh Bank worden aangetrokken. Als deze trend zich verderzet, dan zorgt een verhoogde activiteit van deze soorten in het windmolenpark voor een hoger aanvaringsrisico (Vanermen *et al.*, 2013). Dit kan gevolgen hebben voor de bescherming van grote stern, visdief en dwergmeeuw, drie soorten die opgenomen zijn in de Bijlage I van vogelrichtlijn. Er dient wel te worden opgemerkt dat bij deze soorten slechts 1 à 2 % van de waargenomen individuen op rotorhoogte vloog en dat het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers bijgevolg laag is voor deze soorten. Verder onderzoek zal uitwijzen of deze aantrekking zich verderzet in de komend jaren.

Rekening houdend met deze foerageerafstanden is het niet ondenkbaar dat meeuwen, stern en aalscholvers vanuit de vogelrichtlijngebieden SBZ-V3 Zeebrugge (BE), Voordelta (NL), Westerschelde – Saeftinghe (NL), Oosterschelde (NL) en Grevelingen (NL) tot in de projectlocatie komen om te foerageren. Van deze soorten zal kleine mantelmeeuw het gevoeligst zijn voor aanvaringen doordat ze vaak op rotorhoogte vliegen (17% van de waarnemingen op de Thorntonbank; Vanermen *et al.*, 2009) en doordat ze groot en weinig wendbaar zijn. De aanvaringskans voor stern wordt laag ingeschat (Vanermen *et al.*, 2009).

Het is hier ook van belang om de mogelijke aanvaringen<sup>14</sup> van vleermuizen met turbines te vermelden, aangezien de vaststellingen in Nederland doen vermoeden dat vleermuizen ook in de windmolenparken in het BDNZ voorkomen. Van windturbines op land is reeds enige tijd geweten dat ze ernstige schade kunnen veroorzaken aan lokale vleermuizenpopulaties (voor een overzicht van de literatuur zie Rydell *et al.*, 2012). Op basis van monitoringsresultaten heeft men algoritmes kunnen ontwikkelen die de mortaliteit van vleermuizen door windturbines met meer dan 95% doen afnemen door de turbines op specifieke tijdstippen uit te schakelen (Bach *et al.*, 2013). De hypothese bestaat dat vleermuizen aangetrokken worden door de verlichte structuren en er bestaan gevallen waarin vleermuizen overnachten op het OHVS of in de gondel van offshore windturbines (Ahlén *et al.*, 2007). Ahlén *et al.* (2009) maken ook melding van vleermuizen die foerageren rond de wieken van windmolens. Deze waarnemingen leiden tot bezorgdheid omtrent het in aanvaring komen van vleermuizen met de turbines, wat zorgt voor additionele mortaliteit in de populaties.

### 18.7.3 Verwachte effecten: Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen, wat betreft biotoopverlies en resuspensie van fijne sedimenten, vermoedelijk gelijkaardig zijn aan deze tijdens de bouwfase. Het is momenteel niet duidelijk welke technieken gebruikt zullen worden bij de verwijdering van monopiles en jacket funderingen en bijgevolg kan er nog geen inschatting gemaakt worden van de effecten van eventueel verhoogd onderwatergeluid.

### 18.7.4 Beoordeling

De BMM is van oordeel dat het voorliggende project geen significant negatieve effecten zal hebben op de avifauna van de Nederlandse en Franse Natura 2000 gebieden en dat de instandhoudingsdoelstellingen van deze gebieden (voor zover van toepassing), voor wat betreft avifauna, niet in het gedrang komen door de realisatie van dit project.

---

<sup>14</sup> Voor vleermuizen worden hier onder aanvaringen ook de (lethale) barotrauma's opgenomen die vleermuizen kunnen oplopen wanneer ze zich in het zog van een wijk bevinden.

## 19. Besluit

De aanvraag van de thv SEASTAR tot het verkrijgen van een vergunning en machtiging voor de bouw en exploitatie van het Seastar windpark inclusief (verbindings)kabels in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België werd onderzocht en beoordeeld door de experts van de BMM. De invloed van de aangevraagde activiteit werd in deze beoordeling onderzocht voor de volgende disciplines:

- Klimaat en atmosfeer;
- Hydrodynamica en sedimentologie;
- Geluid;
- Risico en veiligheid;
- Schadelijke stoffen;
- Macrobenthos, epibenthos en visgemeenschappen;
- Zeezoogdieren;
- Avifauna en vleermuizen;
- Elektromagnetische velden en warmtedissipatie;
- Interactie met andere menselijke activiteiten;
- Zeezicht;
- Cultureel erfgoed.

### *19.1 Aanvaardbaarheid*

Op basis van de voorafgaande beoordelingen (hoofdstuk 5 tot 16) kan besloten worden dat deze aanvraag aanvaardbaar is wat betreft de effecten op de disciplines behandeld in deze milieu-effectenbeoordeling en dit voor de alternatieven besproken in de aanvraag. Deze aanvaardbaarheid is gekoppeld aan een inachtnaam van de toepasselijke mitigerende maatregelen en voorwaarden die in deze milieu-effectenbeoordeling geformuleerd worden en die tot doelstelling hebben om de impact op het mariene milieu, conflicten met andere gebruikers van het Belgisch deel van de Noordzee, schade aan het cultureel erfgoed en risico op verontreinigingen te vermijden of op zijn minst tot een aanvaardbaar minimum te herleiden.

### *19.2 Aanbevelingen*

Analyse van de verschillende alternatieven heeft uitgewezen dat de te verwachten effecten voornamelijk verschillen afhankelijk van de te gebruiken funderingstypes of installatietechnieken. Zo zal de installatie en gebruik van een gravitaire fundering slechts een beperkte verhoging van het achtergrondgeluid veroorzaken, waar stalen funderingen een duidelijke verhoging van het onderwatergeluidsniveau veroorzaken zowel tijdens exploitatie (lokaal) als tijdens het heien (over een zeer groot, grensoverschrijdend gebied). Daarentegen vereist de installatie van een groot aantal gravitaire funderingen (62 GBF in configuratie 1) dat er tot ca. 7.300.000 m<sup>3</sup> sediment wordt gebaggerd en teruggestort wat een verhoogde turbiditeit en ernstige verstoring van het benthos met zich meebrengt terwijl dit voor de installatie van monopiles of jacketfunderingen beduidend minder zal zijn. Ook de rifeffecten zullen groter zijn bij gebruik van gravitaire funderingen. Op basis van de huidige beschikbare informatie lijkt de suction bucket techniek met stalen funderingen de minste effecten te veroorzaken op het mariene milieu aangezien deze bijvoorbeeld bij installatie slechts een beperkte verstoring zal veroorzaken m.b.t. onderwatergeluid in vergelijking tot het heien van monopile of jacket funderingen en in tegenstelling tot gravitaire funderingen niet vereisen dat er grote

hoeveelheden extra zand gebaggerd en gestort wordt. Deze suction bucket techniek werd echter tot nog toe niet op grote schaal toegepast en het is bijgevolg niet zeker of deze installatietechniek een volwaardig alternatief vormt.

Het is aangewezen dat men bij de realisatie van het project de verdere ontwikkeling van de funderingstypes en installatietechnieken opvolgt en gebruik maakt van de best beschikbare bewezen technologische alternatieven (best practicable environmental option).

### *19.3 Monitoring*

Zowel in het milieu-effectenrapport (IMDC, 2013a) als in de voorafgaande hoofdstukken van deze milieu-effectenbeoordeling komen een aantal onzekerheden en/of leemtes in de kennis aan bod met betrekking tot de effecten van de realisatie van het windmolenpark op het mariene milieu. Met mariene milieu wordt in eerste instantie verstaan het ecosysteem van de zeegebieden, met inbegrip van de fysische, chemische, geologische en biologische componenten ervan en de functionele verbanden tussen die componenten, maar ook ecosysteemfuncties en milieuwaarden van de zeegebieden die rechtstreeks of onrechtstreeks van nut zijn voor de gebruikers van de zee en de mens in het algemeen aanbelangen. In het kader van deze MEB werd een monitoringsplan opgesteld dat moet toelaten de directe en indirecte, secundaire, cumulatieve en synergetische, permanente en tijdelijke, positieve en negatieve effecten vast te stellen van de activiteit op het mariene milieu op korte, middellange en lange termijn. De uitvoering van dit monitoringsplan vormt één van de voorwaarden met betrekking tot de aanvaardbaarheid van het Seastar project.



## 20. Referenties

- Ahlén I., Bach, L.; Baagøe H.J. en Petterson, J., 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Swedish Environmental Protection Agency, 37 pp.
- Ahlén I., Baagøe H.J. & Bach L., 2009. Behaviour of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy*, 90(6):1318–1323.
- Alerstam, T., 1990, Bird migration. Cambridge University Press, Cambridge. 420 pp.
- Anoniem, 2004. Offshore wind farms: guidance note for environmental impact assessment in respect of FEPA and CPA requirements. Centre for environment, fisheries and aquaculture science (CEFAS) on behalf of the Marine Consents and Environment Unit (MCEU), 45 pp.
- Arcadis, 2012, Milieueffectenrapport Nemo-Link, 257 pp.
- ASCOBANS, 2011. Summary Record of the 18th Meeting of the Advisory Committee. UN Campus, Bonn, Germany, 4-6 May 2011.
- ASCOBANS, 2013. Activities of the Noise Working Group. 20th ASCOBANS Advisory Committee Meeting, Warsaw, Poland, 27-29 August 2013, doc. AC20/Doc.3.2.1.a; b; c; d
- Bach, P., Bach, L., Ekschmitt, K. & Frey, K., 2013. Bat activity at different wind facilities in Northwest Germany. Presented at CWE 2013 in Stockholm.
- Band, W., Madders, M. & Whitfield, D.P., 2007. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. M. de Lucas, G.F.E. Janss & M. Ferrer. *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation*. Quercus. Madrid. pp. 259 – 275.
- Band, B., 2012. Using a collision risk model to assess bird collision risks for offshore wind farms. British Trust for Ornithology.
- Belgische Staat, 2012. Omschrijving van Goede Milieutoestand en vaststelling van Milieudoelen voor de Belgische mariene wateren. Kaderrichtlijn Mariene Strategie – Art 9 & 10. BMM, Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Brussel, België.
- BERR – Department for Business Enterprise & Regulatory Reform in association with Defra (2008). Review of cabling techniques and environmental effects applicable to the offshore wind farm industry. Technical report.
- Berrevoets, C.M., Strucker, R.C.W., Arts, F.A., Lilipaly, S.J. & Meininger, P.L.M., 2005. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2003/2004: inclusief de tellingen in 2002/2003. RIKZ Rapport 2005.011. Middelburg, Nederland.
- BMM, 2004. Bouw en exploitatie van een windmolenpark op de Thorntonbank in de Noordzee: Milieueffectenbeoordeling van het project ingediend door de n.v. C-Power, 156 pp.

- BMM, 2006. Milieueffectenbeoordeling van de Aanvraag van de n.v. C-Power tot wijziging van de vergunning en machtiging voor het bouwen, inclusief de aanleg van kabels, en het exploiteren van een min 216 - max 300 MW farshore windenergiepark op de Thorntonbank, 45 pp.
- BMM, 2007. Milieueffectenbeoordeling van het BELWIND offshore windmolenpark op de Bligh Bank, 182 pp.
- BMM, 2009. Milieueffectenbeoordeling van het ELDEPASCO offshore windmolenpark op de Bank zonder Naam, 169 pp.
- Bochert T. en Zettler M., 2004. Long-term exposure of several marine benthic animals to static magnetic fields. *Bioelectromagnetics* (25) 498-502.
- Bolle, A., M. Mathys en P. Haerens, 2013a. How the Belgian wind farm business made us discover the challenging environment of marine sand dunes. In: V. Van Lancker and T. Garlan (eds.). *Proceedings of 4th International Conference on Marine and River Dune Dynamics*, 15-16 April 2013, Brugge, Belgium, 45-52.
- Bolle, L.J.; de Jong, C.A.F.; Bierman, S.M. et al., 2011. Shortlist masterplan wind. Effect of piling noise on the survival of fish larvae (pilot study). 138 pp.
- Bolle, L.J. ; de Jong, C.A.F.; Bierman, S.M.; van Beek, P.J.G.; Wessels, P.W.; Blom, E.; van Damme, C.J.G.; Winter, H.V. en Dekeling, R.P.A. 2013b. Do pile-driving sounds cause mortality in larval fish? Presented at the WinMon.BE conference 2013. Environmental impacts of offshore wind farms – Learning from the past to optimize future monitoring programmes, 26-28 November 2013, Brussels, Belgium.
- Bonne, W., 2003. Benthic copepod communities in relation to natural and anthropogenic influences in the North Sea. Gent, Belgium: University of Gent, Ph.D. thesis, 289p.
- Boyd I., Brownell B., Cato D., Clarke C., Costa D., Evans P., Gedanke J., Gentry R., Gisner B., Gordon J., Jepson P., Miller P., Rendell L., Tasker M., Tyack P., Vos E., Whitehead H., Wartzok D., Zimmer W. 2008. The effects of anthropogenic sound on marine mammals. A draft research strategy. European Science Foundation Marine Board Position paper 13. 92
- Brabant R. en Jacques T.G., 2009, Research strategy and equipment for studying flying birds in wind farms in the Belgian part of the North Sea. In: Degraer, S. & Brabant, R. (Eds.) (2009) *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring*. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 9, pp. 223-235.
- Brabant, R., S. Degraer en B. Rumes, 2011. Offshore wind energy development in the Belgian part of the North Sea en anticipated impacts: an update. In: Degraer, S., R. Brabant en B. Rumes (Eds.) (2011). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit, 157 pp. + annex.
- Brabant, R., Vigin, L., Stienen, E.W.M., Vanermen, N. & Degraer, S., 2012a, Radar research on the impact of offshore wind farms on birds: Preparing to go offshore. In: Degraer, S., Brabant, R. en Rumes, B., (Eds.) (2012). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for*

- an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine ecosystem management unit. Chapter 8: 111-126.
- Brabant, R.; S. Degraer en B. Rumes, 2012b. Offshore wind energy development in the Belgian part of the North Sea & anticipated impacts: an update in: Degraer, S.; R. Brabant & B. Rumes (Eds.). 2012. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 2: 9-16.
- Brabant, R.; S. Degraer en B. Rumes, 2013. Monitoring offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Setting the scene. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. Chapter 2: 14-23.
- Brandt, M.J., Höschle, C., Diederichs, A., Betke, K., Matuschek, R., Witte, S. & Nehls, G., 2012. Effectiveness of a sealscarer in deterring harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and its application as a mitigation measure during offshore pile driving. Bioconsult SH report, Husum, Germany.
- Brasseur, S., Reijnders, P. & Meesters, E., 2006. Baseline data on harbour seals, *Phoca vitulina*, in relation to the intended wind farm site OWEZ, in the Netherlands. Report Number: OWEZ-R-252-20061020. IMARES Wageningen UR, The Netherlands.
- Brasseur, S.M.J.M., Scheidat, M., Aarts, J.S.M., Cremer, G.M. & Bos, O.G., 2008. Distribution of marine mammals in the North Sea for the generic appropriate assessment of future offshore wind farms. Report C046/08, IMARES Wageningen UR, The Netherlands.
- Brasseur, S., van Polanen Petel, T., Aarts, G., Meesters, E., Dijkman, E. & Reijnders, P., 2010a. Grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Dutch North sea: population ecology and effects of wind farms. Report number C137/10, IMARES Wageningen UR, The Netherlands.
- Brasseur, S., Aarts, G., Meesters, E., van Polanen-Petel, T., Dijkman, E., Cremer, J. & Reijnders, P., 2010b. Habitat preferences of harbour seals in the Dutch coastal area: analyses and estimate of effects of offshore wind farms. IMARES Report number: OWEZ R 252 T1 20100929 p 55
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., Thomas, L., 2001. Introduction to Distance Sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press.
- Burd, A.C. (1985) Recent changes in the central and southern North Sea herring stocks. Can. J. Fish. Aquatic Sci., 42 (Suppl 1): 192-206
- Buurma, L.S., 1987, Patronen van hoge vogeltrek boven het Noordzeegebied in Oktober. Limosa, 60: 63-74.
- Camphuysen, K.C.J., 2011, Lesser Black-backed Gulls nesting at Texel: Foraging distribution, diet, survival, recruitment and breeding biology of birds carrying advanced GPS loggers. Royal Netherlands Institute for Sea Research (Royal NIOZ), Marine ecology department. NIOZ-Report 2011-05, 75pp.

- Christensen, T.K., Clausager, I. en Petersen, I.K., 2003, Base-line investigations of birds in relation to an offshore wind farm at Horns Rev, and results from the year of construction. Commissioned report to Tech-wise A/S. National Environmental Research Institute. 65 pp.
- CMACS, 2003. A baseline assessment of electromagnetic fields generated by offshore windfarm cables. COWRIE Report EMF-01-2002 66. 71pp.
- CMS, 2012. Scientific synthesis on the impacts of underwater noise on marine and coastal biodiversity and habitats. UNEP SBSTTA, 16th meeting, Montreal, Canada, 30 April-5 May 2012, doc. UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/12
- Coates, D., J. Vanaverbeke, M. Rabaut en M. Vincx, 2011. Soft-sediment macrobenthos around offshore wind turbines in the Belgian Part of the North Sea reveals a clear shift in species composition. in: Degraer, S., R. Brabant en B. Rumes (Eds.) (2010). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit. Chapter 6: 47-63.
- Coates, D.; Vanaverbeke, J.; Vincx, M., 2012. Enrichment of the soft sediment macrobenthos around a gravity based foundation on the Thorntonbank, in: Degraer, S., R. Brabant en B. Rumes (Eds.). (2012). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Chapter 4: pp. 41-54
- CONCERE-ENOVER, 2010. National renewable energy action plan  
[http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency\\_platform/doc/national\\_renewable\\_energy\\_action\\_plan\\_belgium\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_belgium_en.pdf).
- Connor, D.W.; Allen J. H.; Golding, N.; Howell, K.L.; Lieberknecht, L.M.; Northen, K.; Reker, J.B. (2004). The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland Version 04.05. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- Corten, A (2001). Herring and Climate. PhD Thesis, Rijksuniversiteit Groningen, The Netherlands. 228pp.
- Cushing D.H., Burd A.C. (1957). On the herring of the southern North Sea. Fishery Investigations, London, Ser II, 20 (11): 1-31
- Dahl L. and Dahl K., 2002: Temporal, spatial and substrate-dependent variations of Danish hard-bottom macrofauna, Helgol. Mar. Res., Vol. 56:1-21
- Dähne, M., Gilles, A., Lucke, K., Peschko, V., Adler, S., Krügel, K., Sundermeyer, J. & Siebert, U., 2013. Effects of pile-driving on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) at the first offshore wind farm in Germany. Environ. Res. Lett. 8 (2013) 025002.
- Dalhoff, P. & F. Biehl., 2005. Ship Collision, Risk Analysis – Emergency systems – Collision dynamics, 11 pp.
- De Backer, A., Moulart, I., Hillewaert, H., Vandendriessche, S., Van Hoey, G., Wittoeck, J. and Hostens, K. (2010). Monitoring the effects of sand extraction on the benthos of the Belgian Part of the North Sea. ILVO-report, 117.

- Degraer, S. & Vincx, M., 1995. Onderzoek naar de ruimtelijke variatie van het macrobenthos voor de Westkust in functie van de ecologische bijsturing van een kustverdedigingsproject. Eindrapport BNO/NO/1994 (AMINAL, ministerie van de Vlaamse Gemeenschap), Ghent University, Gent.
- Degraer, S., Vincx, M., Meire, P. & Offringa, H., 1999. The macrozoobenthos of an important wintering area of the Common scoter (*Melanitta nigra*). *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 79:243-251.
- Degraer, S., E. Verfaillie, W. Willems, E. Adriaens, M. Vincx & V. Van Lancker, 2008. Habitat suitability modelling as a mapping tool for macrobenthic communities: An example from the Belgian part of the North Sea. *Continental Shelf Research*, 28(3):369-379. doi: 10.1016/j.csr.2007.09.001.
- Degraer, S., U. Braeckman, J. Haelters, K. Hostens, T. Jacques, F. Kerckhof, B. Merckx, M. Rabaut, E. Stienen, G. Van Hoey, V. Van Lancker & M. Vincx (2009). Studie betreffende het opstellen van een lijst van potentiële Habitatrichtlijngebieden in het Belgische deel van de Noordzee. Final report i.o.v. FSP Environment, Marine Environment. 93 pp.
- Degraer, S., R. Brabant & B. Rumes, 2010. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit, 212 pp.
- Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.), 2012. Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Department MUMM, Brussels.
- Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.), 2013 (in druk). Environmental impacts of the construction of offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels.
- Degraer, S., U. Braeckman, J. Haelters, K. Hostens, T. Jacques, F. Kerckhof, B. Merckx, M. Rabaut, E. Stienen, G. Van Hoey, V. Van Lancker & M. Vincx (2009). Studie betreffende het opstellen van een lijst van potentiële Habitatrichtlijngebieden in het Belgische deel van de Noordzee. Final report i.o.v. FSP Environment, Marine Environment. 93 pp.
- Degrendele, K.; Roche, M.; Schotte, P.; Van Lancker, V.; Bellec, V.; Bonne, W. (2010). Morphological evolution of the Kwinte Bank central depression before and after the cessation of aggregate extraction *J. Coast. Res.* SI 51: 77-86
- Department of Energy and Climate Change (DECC), 2008a. Review of Round 1 sediment process monitoring data – lessons learnt. A Report for the Research Advisory Group. Final Report, 23 pp + App. (107 pp).
- Department of Energy and Climate Change (DECC), 2008b. Dynamics of scour pits and scour protection – Synthesis report and recommendations (Milestones 2 and 3). A Report for the Research Advisory Group. Final Report, 18 pp + App. (96 pp).

- Derous S., Verfaillie E., Van Lancker V., Courtens W., Stienen E.W.M., Hostens K., Moulaert I., Hillewaert H., Mees J., Deneudt K., Deckers P., Cuvelier D., Vincx M., Degraer S., 2007, A biological valuation map for the Belgian part of the North Sea: BWZee, Final report, Research in the framework of the BELSPO programme “Global chance, ecosystems and biodiversity” – SPSD II, March 2007, pp. 99 (+ Annexes)
- Derous, S. (2007). Marine Biological Valuation as a decision support tool for marine management. PhD dissertation, Ghent University. 298 pp.
- Desholm, M., Fox, A.D. en Beasley, P.D., 2005, Best practice guidance for the use of remote techniques for observing bird behaviour in relation to offshore wind farms (Cowrie) 94 pp.
- Drewitt, A.L. en Langston, R.H.W., (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. (Ibis) 148, 29 – 42.
- Edrén, S.M.C., Teilmann, J., Dietz, R. & Carstensen, J., 2004. Effects from the construction of Nysted Offshore Wind Farm on seals in Rodsand seal sanctuary based on remote video monitoring. Report commissioned by ENERGI E2 A/S. Ministry of the Environment, Denmark. 33 p.
- Edrén, S.M.C., Andersen, S.M., Teilmann, J., Carstensen, J., Harders, P.B., Dietz, R. & Miller, L.A., 2010. The effect of a large Danish offshore wind farm on harbor and gray seal haul-out behavior. Marine Mammal Science 26(3): 614-634. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2009.00364.x
- Erickson, W.P., Johnson, G.D., Strickland, M.D., Young, D.P., Jr Sernja, K.J. & Good, R.E., 2001, Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. Western EcoSystems Technology Inc. National Wind Coordinating Committee Resource Document. <http://www.nationalwind.org/publications/avian.htm>
- Flemtek\_IMDC, 2012. Radar en marifone communicatie – Windmolenpark Rentel – Radarstudie, 132 pp.
- Fox, A.D., Desholm, M., Kahlert, J., Christensen, T.K. en Petersen, I.B.K., 2006, Information needs to support environmental impact assessment of the effects of European marine offshore wind farms on birds (Ibis) 148, 129 – 144.
- Fujii, T. (2012). Reef effect of offshore artificial structures on the distribution of gadoid fishes in the North Sea. The International Conference on the Environmental Interactions of Marine Renewable Energy Technologies (EIMR), Orkney, UK, May 2012.
- Galagan, C., T. Isaji and C. Swanson, 2005. Estimates of seabed scare recovery from jet plow cable burial operations and possible cable exposure on Horseshoe Shoal from sand wave migration. ASA Report 05-128, Appendix 3.14-A, 16 pp.
- Geelhoed, S., Scheidat, M., Aarts, G., van Bemmelen, R., Janinhoff, N., Verdaat, H. & Witte, R., 2011. Shortlist masterplan wind aerial surveys of harbour porpoises on the Dutch Continental Shelf. IMARES, Wageningen Report number C103/11.
- Geelhoed, S.C.V., Scheidat, M., van Bemmelen, R.S.A. & Aarts, G., 2013. Abundance of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) on the Dutch Continental Shelf, aerial surveys in July 2010-

- March 2011. *Lutra* 56(1): 45-57.
- Gerdes, G., Jansen, A., Rehfeldt, K., Teske, S., (2005). Offshore Wind Energy – Implementing a New Powerhouse for Europe. Grid connection, environmental impact assessment. 164 pp.
- Gill, A.B. en Taylor, H., 2001. The potential effects of electromagnetic fields generated by cabling between offshore wind turbines upon elasmobranch fishes. Countryside Council for Wales, Contract Science Report 488.
- Gill, A.B., Gloyne-Phillips, I., Neal, K.J. & Kimber, J.A., 2005. Cowrie 1.5 Elektromagnetic Fields Review: The potential effects of electromagnetic fields generated by sub-sea power cables associated with offshore wind farm developments on electrically and magnetically sensitive marine organisms – a review. 90pp.
- Gill A., Huang Y., Gloyne-Phillips I., Gloyne-Philips, I., Metcalfe, J., Quayle, V., Spencer, J., 2009. EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub-sea electricity cables of the type used by the offshore renewable energy industry. COWRIE report. Ref EP-2054-ABG. 68 pp.
- Grontmij, 2006, Offshore windpark Katwijk – Milieueffectrapport. In opdracht van WEOM. 335 pp.
- Grontmij Vlaanderen, 2010. Monitoring van de effecten van far-shore windmolenparken op het landschap- deel socio-landschappelijk onderzoek: eindrapport, 146 pp.
- Gyimesi A., Boudewijn, T.J., Poot, M.J.M., Buijs R.-J., 2011. Habitat use, feeding ecology and reproductive success of Lesser blackbacked gulls breeding in Lake Volkerak. pp. 64.
- Haelters, J., 2009. Monitoring of marine mammals in the framework of the construction and exploitation of offshore windfarms in Belgian marine waters. In: S. Degraer & R. Brabant (Eds.). Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Department MUMM, Chapter 10: 237-266.
- Haelters, J., Van Roy, W., Vigin, L. & Degraer, S., 2012. The effect of pile driving on harbour porpoises in Belgian waters. In: S. Degraer, R. Brabant & B. Rumes (Eds.). Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Department MUMM, Chapter 9: 127-143.
- Haelters, J., 2013. Opmerkelijke aantallen bruinvissen in de eerste helft van 2013. *De Strandvlo* 33(2): 55-58.
- Haelters, J., Vigin, L. & Degraer, S., 2013a. Attraction of harbour porpoises to operational offshore wind farms: what can be expected? In: S. Degraer, R. Brabant & B. Rumes (Eds.). Environmental impacts of the construction of offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Chapter 16: 166-171.
- Haelters, J., Debusschere, E., Botteldooren, D., Dulière, V., Hostens, K., Norro, A., Vandendriessche, S., Vigin, L., Vincx, M., Degraer, S., 2013b . The effects of pile driving on marine mammals and fish in Belgian waters. In: S. Degraer, R. Brabant & B. Rumes (Eds.). Environmental impacts of the construction of offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea:

- learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, Chapter 7: 70-77.
- Houziaux, J.-S., Kerckhof, F., Degrendele, K., Roche, M. & Norro A. (2008). The Hinder banks: Yet an important region for the Belgian marine biodiversity ('HINDERS'). Belgian Science Policy Office, Final report. 123 pp. + 131 pp. Annexes.
- Huddelston, J. (ed) 2010. Understanding the environmental impacts of offshore windfarms COWRIE 138 pp.
- Hüppop, O., Dierschke, J., Exo, K.M., Fredrich, E. en Hill R., 2006. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines, *Ibis* 148: 90-109.
- Hvidt, C.B. (2004). Electromagnetic fields and the effect on fish. Results from the investigations at Nysted Offshore Wind Farm. Presentation held at the conference Offshore Wind Farms and the Environment, Billund (DK) September 22nd 2004.
- ICES (2011). Sandeel in the Central Eastern North Sea (SA 3). Section 6.4.21.3 in Report of the ICES Advisory Committee 2011, Book 6, 366 pp.
- Jak, R.G.; Bos, O.G.; Witbaard, R. & Lindeboom, H.J., 2009. Instandhoudingsdoelen Natura 2000-gebieden Noordzee. IMARES, Rapport nummer C065/09, 177 pp.
- IJsseldijk, L.L. & Begeman, L., 2013. Increase in strandings of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) on the Dutch coast in April and May 2013. Rapport van de Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit van Utrecht.
- IJzer, S., 2010. Influence of surface waves on sand wave migration and asymmetry. Graduation report, June 2010, Dep. Civiele Techniek en Management, Universiteit Twente, 96 pp.
- IMDC, 2012a. Milieueffectenrapport windmolenpark Rentel, Rapport I/RA/11397/11.188/RDS 685 pp. + annexes.
- IMDC, 2012b. Environmental Impact Assessment windmill farm Rentel. Numeric modelling of dredge plume dispersion. IMDC Report I/RA/11397/12.114/VBA, 58 pp.
- IMDC, 2012c. Environmental Impact Assessment windmill farm Rentel. Numeric modelling of sediment transport. IMDC Report I/RA/11397/12.072/LWA, 47 pp.
- IMDC, 2013a. Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar, 525 pp. + annexes
- IMDC, 2013b. Environmental Impact Assessment wind farm SeaStar. Numeric modelling of sediment transport I/RA/11421/13.113/MIM, 47 pp.
- IMDC, 2013c. Environmental Impact Assessment wind farm SeaStar. Numeric modelling of dredging plume dispersion. I/RA/11421/13.114/MIM, 58 pp.
- IMDC, 2013d. Addendum bij Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar. I/RA/11421/13.303/CPA, 39 pp.



- IMDC, 2013e. Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar: Radar en marifone communicatie. I/RA/11421/13.127/MIM, 140 pp.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- IWC, 2012. Report of the workshop on interactions between marine renewable projects and cetaceans worldwide. International Whaling Commission Report SC/64/Rep6, Panama City, Panama, 8-10 juni 2012, 32 pp.
- JNCC, 2010. JNCC Guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys. JNCC, Marine Advice, Aberdeen, Augustus 2010.
- JNCC, 2012. SACFOR abundance scale used for both littoral and sublittoral taxa from 1990 onward. <http://jncc.defra.gov.uk/page-2684> (page accessed on 10/10/2012).
- Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F., Shepherd, D.A. & Sarappo, S.A. 2002. Collision mortality of local and migrant birds at a large-scale windpower development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Soc. Bull.* 30: 879–887.
- Karlsson, J., 1983, Faglar och vindkraft. Lund, Sweden: Ekologihuset.
- Kastelein, R.A., Hardemann, J. & Boer, H., 1997. Food consumption and body weight of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). In: Read, A.J., Wiepkema, P.R. & Nachtigall, P.E. (Eds). *The biology of the harbour porpoise*. De Spil Publishers, Woerden, Nederland: 217–234.
- Kerckhof, F., A., Norro & T.G., Jacques (2009) Early colonisation of a concrete offshore wind mill foundation by marine biofouling on the Thornton Bank (southern North Sea), in: Degraer S. & Brabant R. (Eds.) *Offshore windfarms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine Ecosystem Management Unit. pp. 39-51.
- Kerckhof, F.; Rumes, B.; Jacques, T.; Degraer, S.; Norro, A. (2010a). Early development of the subtidal marine biofouling on a concrete offshore windmill foundation on the Thornton Bank (southern North Sea): first monitoring results *Underwat. Technol.* 29(3): 137-149
- Kerckhof, F.; Rumes, B.; Norro, A.; Jacques, T.G.; Degraer, S. (2010b). Seasonal variation and vertical zonation of the marine biofouling on a concrete offshore windmill foundation on the Thornton Bank (southern North Sea), in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2010). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability*. pp. 53-68, details
- Kerckhof, F.; Degraer, S, Norro, A. en Rumes, B.; (2011). Offshore intertidal hard substrata: a new habitat promoting non-indigenous species in the Southern North-Sea: An exploratory study.
- Kerckhof, F.; Rumes, B.; Norro, A.; Houziaux, J.-S.; Degraer, S. (2012). A comparison of the first stages of biofouling in two offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea, in: Degraer, S. et

- al. (Ed.) (2012). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. pp. 17-39
- Kirshvink, J.L., 1997. Magnetoreception: homing in on vertebrates. *Nature* (390) 339-340.
- Klaustrup, M. 2006. Few effects on the fish communities so far. Pp. 64-79 in: DONG Energy Vattenfall, The Danish Energy Authorities and The Danish Forest and Nature Agency (eds.) *Danish Offshore Wind – Key Environmental Issues*. PrinfoHolbæk, Hedehusene. Available from <http://ens.netboghandel.dk/english/PUBL.asp?page=publ&objno=16288226>
- Koops, F. B. J., 2000. Electric and magnetic fields in consequence of undersea power cables. In: *ICNIRP: Effects of Electromagnetic Fields on the Living Environment*, pp. 189 – 210
- Kornman, B.A. en D.C. van Maldegem, 2002. Evaluatie van de effecten van het verspreiden van Boomse Klei in de Westerschelde. Eindrapportage monitoring boorspecie. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg, Rapport RIKZ 2002.052, 36 pp.
- Krijgsveld, K.L., Fijn, R.C., Heunks, C., van Horssen, P.W., de Fouw, J., Collier, M., Poot, M.J.M., Beuker, D. & Dirksen S., 2010, Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee: Progress report on fluxes and behaviour of flying birds covering 2007 & 2008. 103 pp.
- Krijgsveld, K.L., Fijn, R.C., Japink, M., van Horssen, P.W., Heunks, C., Collier, M.P., Poot, M.J.M., Beuker, D. & Dirksen, S., 2011, Effect studies Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, Final report on fluxes, flight altitudes and behaviour of flying birds. Bureau Waardenburg. 330 pp.
- Krone, R. , Gutow, L. , Brey, T. , Dannheim, J. and Schröder, A. (2013): Mobile demersal megafauna at artificial structures in the German Bight – Likely effects of offshore wind farm development , *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 125 , pp. 1-9 . doi: 10.1016/j.ecss.2013.03.012
- Lagerveld S., Jonge Poerink B., Verdaat H., Haselager R., 2013. Bat activity in Dutch offshore wind farms.
- Lauwaert, B.; Bekaert, K.; Berteloot, M.; De Brauwer, D.; Fettweis, M.; Hillewaert, H.; Hoffman, S.; Hostens, K.; Mergaert, K.; Moulaert, I.; Parmentier, K.; Vanhoey, G.; Verstraeten, J. (2008). *Syntheserapport over de effecten op het maritieme milieu van baggerspeciéstoringen (vergunningsperiode 2006-'08)*. Afdeling Maritieme Toegang/BMM/ILVO/Vlaamse Overheid. Afdeling Kust [S.l.]. 128 + 2 maps, CD-ROM pp.
- Leopold, M.F. & Camphuysen, K.C.J., 2007, Did the pile driving during the construction of the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, the Netherlands, impact local seabirds? NoordzeeWind Rapport OWEZ R 221 Tc 20070525. 28 pp.
- Leopold, M.F., Camphuysen, C.J., Verdaat, H., Dijkman, E.M., Meesters, H. W. G., Aarts, G. M., Poot, M. & Fijn, R., 2009, Local Birds in and around the Offshore Wind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 en T-1) IMARES, Wageningen UR Report number: OWEZ R 221 T1 20100329, pp. 269.
- Leopold, M.F., Dijkman, E.M., Teal, L. & the OWEZ-Team, 2011, Local Birds in and around the Offshore Wind Park Egmond aan Zee (OWEZ) (T-0 & T-1, 2002-2010) IMARES, Wageningen UR Report number: OWEZ R 221 T1 20111220, pp. 269.

- Limpens H., Huitema H. & Dekker J., 2007. Vleermuizen en windenergie, Analyse van effecten en verplichtingen in het spanningsveld tussen vleermuizen en windenergie, vanuit de ecologische en wettelijke invalshoek. SenterNovem Rapport nr. 2006.50. 85 pp.
- Lindeboom H.J. & S.J. de Groot, Eds (1998). IMPACT-II: The effects of different types of fisheries on the North Sea and Irish Sea benthic ecosystems. Netherlands Institute for Sea Research. NIOZ-Rapport 1998-1. RIVO-DLO Report C003/98. EC-Contract AIR2-CT94-1664. 404 pp.
- Lindeboom, H.J., Kouwenhoven, H.J, Bergman, M.J.N., Bouma, S., Brasseur, S., Daan, R., Fijn, R.C., de Haan, D., Dirksen, S., van Hal, R., Hille Ris Lambers, R., terHofstede, R., Krijgsveld, K.L., Leopold, M. & Scheidat, M., 2011, Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone: a compilation Environmental Research Letters 6 (2011) 035101 (13pp).
- Lindeboom, H.J.; Geurts van Kessel, A.J.M.; Berkenbosch, A. (2005). Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 2005.008. RIKZ: Den Haag. ISBN 90-369-3415-X. 104 pp.
- Maes, F., J. Schrijvers, V. Van Lancker, E. Verfaillie, S. Degraer, S. Deros, B. De Wachter, A/ Volckaert, A. Vanhulle, P. Vandenabeele, A. Cliquet, F. Douvere, J. Lambrecht en R. Makgill, 2005. Towards a spatial structure plan for sustainable management of the sea. Research in the framework of the BELSPO Mixed Actions – SPSP II, Juni 2005. pp. 539.
- MARIN, 2011a. Veiligheidsstudie offshore windpark North Sea Power, 84 pp.
- MARIN, 2011b. Veiligheidsstudie offshore windpark North Sea Power – aanvullende studie, 97 pp.
- MARIN, 2013a. Veiligheidsstudie offshore windpark Seastar, 86 pp.
- MARIN, 2013b. Veiligheidsstudie Belgian Offshore Grid Elia, 41 pp.
- Masden, E.A., D.T. Haydon, A.D. Fox, R.D. Furness, R. Bullman & M. Desholm, 2009, Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. ICES Journal of Marine Science 66: 746-753.
- Masden, E.A., Fox, A.D., Furness, R.W., Bullman, R., & Haydon, D.T., 2010, Cumulative impact assessments and bird/wind farm interactions: developing a conceptual framework. Environmental Impact Assessment Review. Environmental Impact Assessment Review. 30:1-7.
- Mathys, M., 2009. The Quaternary geological evolution of the Belgian Continental Shelf, southern North Sea. Unpublished PhD thesis, Universiteit Gent, XXIV, 382, annexes.
- McA & Qinetiq, 2004. Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by Qinetiq and the Maritime and Coastguard agency, 84pp.
- Mitchell A., E. McCarthy, E. Verspoor, 1998. Discrimination of the North Atlantic lesser sandeels *Ammodyte smarinus*, *A. tobianus*, *A. dubius* and *Gymnammodytes semisquamatus* by mitochondrial DNA restriction fragment patterns. Fisheries Research 36: 61–65.

- Morelissen, R., S. Hulscher, M.A.F. Knaapen, A.A. Németh and R. Bijker, 2003. Mathematical modelling of sand wave migration and the interaction with pipelines. *Coastal Engineering*, 48, 197-209.
- Morell, M., Degollada, E., Alonso, J.M., Jauniaux, T. & Andre, M., 2009. Decalcifying odontocete ears following a routine protocol with RDO (R). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 376: 55-58.
- Mott Mc Donald, 2011. Bligh Bank offshore wind farm. MUMM project monitoring. Concluding report executive summary, 16 pp
- Mueller-Blenkle, C., McGregor, P.K., Gill, A.B., Andersson, M.H., Metcalfe, J., Bendall, V., Sigray, P., Wood, D.T. & Thomsen, F. (2010) Effects of Pile-driving Noise on the Behaviour of Marine Fish. COWRIE Ref: Fish 06-08, Technical Report 3 1st March 2010
- Murphy, S., Tougaard, J., Wilson, B., Benjamins, S., Haelters, J., Lucke, K., Werner, S., Brensing, K., Thompson, D., Hastie, G., Geelhoed, S., Braeger, S., Lees, G., Davies, I., Graw, K.-U. & Pinn, E., 2012. Assessment of the marine renewables industry in relation to marine mammals: synthesis of work undertaken by the ICES Working Group on Marine Mammal Ecology (WGMME). International Whaling Commission, IWC/64/SC MRED1; 71 pp.
- Murray, R.W., 1974. The ampullae of Lorenzini, In *Electroreceptors and other specialized organs in lower vertebrates*, (ed. A. Fessard). Springer-Verlag, New-York: 125-146.
- Nedwell J.R. Brooker A.G and Barham R.J, 2012. Assessment of underwater noise during the installation of export power cables at the Beatrice Offshore wind Farm. Subacoustech Environment Report N° E318R0106. 15 pp.
- Németh, A.A., 2003. Modelling offshore sand waves. PhD Thesis, University of Twente, 141 pp.
- Newell, R.C.; L.J. Seiderer and Hitchcock, D.R., 1998. The impact of dredging works in the coastal waters; a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanography and Marine Biology, Ann. Rev.*, 36: 127-178.
- Nedwell J.R. and Howell D. A review of offshore windfarm related underwater noise sources, 2004. Report N° 544 R 0308 COWRIE oct 2004, 57 pp.
- NIRAS Consulting Engineers and Planners A/S., 2009. Barrow Offshore Wind Farm. Post Construction Monitoring Report. Year 2.
- Norro, A., J. Haelters, B. Rumes & S. Degraer 2010. Underwater noise produced by the piling activities during the construction of the Belwind offshore wind farm (Bligh Bank, Belgian marine waters), in: Degraer, S., R. Brabant & B. Rumes (Eds.) (2010). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability*. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit. 212 pp.
- Norro, A., Rumes, B. & Degraer, S., 2012, Differentiating between underwater construction noise of monopile and jacket foundation wind turbines: A case study from the Belgian part of the North Sea. In: Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.), 2012, *Offshore wind farms in the Belgian*

- part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine ecosystem management unit. 155 pp. + annexes. Chapter 10: 145-155.
- Norro A., Rumes B. and Degraer S. 2013 Differentiating between underwater construction noise of monopile and jacket foundations for offshore windmills. A case study from the Belgian Part of the North Sea. The Scientific Journal. Vol 2013, Article ID 897624, 7 pp.
- Orejas C., T., Joschko, A. Schröder, J., Dierschke, M., Exo, E., Friedrich, R., Hill, O., Hüppop, F., Pollehne, M.L., Zettler, R., Bochert (2005) Ökologische Begleitforschung zur Windenergienutzung im Offshore-Bereich auf Forschungsplattformen in der Nord- und Ostsee (BeoFINO), AP2 Prozesse im Nahbereich der Piles Nordsee. 161 – 234
- OSPAR, 2008. Background Document on potential problems associated with power cables other than those for oil and gas activities. Publication Number: 370/2008, 50pp.
- OSPAR, 2009a. Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. OSPAR Biodiversity Series.
- OSPAR, 2009b: Assessment of the environmental impacts of cables. – Publication Number: 437/2009, 19pp.
- OSPAR 2012a. Guidelines on Best Environmental Practice (BEP) in cable laying and Operation. OPSAR Commission, Agreement 2012-02. 16 pp.
- OSPAR 2012b. Guidelines on Artificial Reefs in relation to Living Marine Resources. OSPAR Commission, Agreement 2012-03. 5 pp.
- Pearson, T.H. (1968). The feeding biology of sea-bird species breeding on the Farne Islands, Northumberland. Journal of Animal Ecology 37: 521-552.
- Pehlke, H.; Nehls, G.; Bellmann, M.; Gerke, P.; Diederichs, A.; Oldeland, J.; Grunau, C.; Witte, S. & Rose, A. (2013) Entwicklung und erprobung des Grossen blasenschleiers zur minderung der hydroshallemissionen bei offshore-rammarbeiten. Bundesministerium für Umwelt, 243 pp.
- Petersen J. K. & T. Malm, 2006. Offshore windmill farms: threats to or possibilities for the marine environment. Ambio 35 (2): 75-80.
- Petersen, I.K., Christensen, T.K., Kahlert, J., Desholm, M. & Fox, A.D., 2006, Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. NERI Report request. Commissioned by DONG energy and Vattenfall A/S. National Environmental Research Institute. Ministry of the Environment. Department of Wildlife Ecology and Biodiversity. 161 pp.
- Pieters, M., Demerre, I., Lenaerts, T., Zeebroek, I., De BIE, M., De Clercq, W., Dickinson, B., Monsieur, P., 2010. De Noordzee: een waardevol archief onder water. Meer dan 100 jaar onderzoek van strandvondsten en vondsten uit zee in België: een overzicht. *Relicta* 6, pp. 177-218.

- Plonczkier, P. & Simms, I.C., 2012, Radar observations of migrating pink-footed geese: behavioural responses to offshore wind farm development. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02181.x
- Poléo, A.B.S., Johannessen, H.F., and Harboe, M. 2001. High voltage direct current (HVDC) sea cables and sea electrodes: effects on marine life. 1st. revision of the literature study. University of Oslo, Report, 50pp.
- Poot, M.J.M., van Horssen, P.W., Collier, M.P., Lensink, R., Dirksen, S., 2011, Effect studies Offshore Wind Egmond aan Zee: cumulative effects on seabirds. A modelling approach to estimate effects on population levels in seabirds. 247 pp.
- Popper A. N. & Hastings M. C. (2009). The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. *Journal of Fish Biology* 75: 455–489
- Postuma, K.H., Saville, A. & Wood, R.J., (1977). Herring spawning grounds in the North Sea. ICES Cooperative Research Report n°61. 60 p.
- Prins, T.C., Twisk, F., van den Heuvel-Greve, M.J., Troost, T.A. & van Beek, J.K.L., 2008. Development of a framework for appropriate assessments of Dutch offshore wind farms. Deltares, rapport in opdracht van Rijkswaterstaat.
- Prins, T.C., van Beek, J.K.L. & Bolle, L.J., 2009, Modelschatting van de effecten van heien voor offshore windmolenparken op de aanvoer van vislarven naar Natura 2000. Deltares rapport Z4832.
- Ramboll, 2009. Anholt Offshore Wind Farm – Analysis of risks to ship traffic, 150 pp.
- Reubens, J.; Degraer, S.; Vincx, M., 2009. The importance of marine wind farms, as artificial hard substrates, on the North Sea bottom for the ecology of the ichthyofauna, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2009). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit. pp. 53-60
- Reubens, J., Degraer, S. & Vincx, M., 2010, The importance of marine wind farms, as artificial hard substrata, for the ecology of the ichthyofauna. In: Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.), 2010, Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.
- Reubens, J.T., S. Degraer & M. Vincx., 2011a. Aggregation and feeding behaviour of pouting (*Trisopterus luscus*) at wind turbines in the Belgian part of the North Sea. *Fisheries Research*. 108 (1): 223 – 227.
- Reubens, J., S. Degraer & M. Vincx, 2011 b. Spatial and temporal movements of cod (*Gadus morhua*) in a wind farm in the Belgian part of the North Sea using acoustic telemetry, a VPS study. in: Degraer, S., R. Brabant & B. Rumes (Eds.) (2010). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Part 3. Royal Belgian Institute of natural sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit. Chapter 5, pp. 39-46.

- Richardson, W.J., 2000, Bird Migration and Wind Turbines: Migration Timing, Flight Behaviour, and Collision Risk. Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting II, 132–140. <http://Www.Nationalwind.Org/Publications/Avian.Htm>
- Robinson S., Theobald P., Hayman G., Wang L., Mepper P., Humphrey S., Mumford S. 2011. Measurement of noise arising from marine aggregate dredging operations. MALSF(MEPF Refno.09/P108) MALSF 144pp.
- Rodrigues, L., L. Bach, M.-J. Dubourg-Savage, J. Goodwin & C. Harbusch (2008): Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS Publication Series No. 3 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 51 pp
- Roos, P.C., 2008. Wie een kuil graaft, Conceptueel, 17, 2, 8-11.
- Royal Haskoning, 2005. MER, SMB, Habitattoets BritNed-verbinding - Samenvatting. Uitgevoerd in opdracht van BritNed Development Limited. 82pp.
- Rumes, B., Di Marcantonio, M., Brabant, R., Dulière, V., Degraer, S., Haelters, J., Kerckhof, F., Legrand, S., Norro, A., Van den Eynde, D., Vigin, L. & Lauwaert, B., 2011. Milieueffectenbeoordeling van het NORTHER offshore windmolenpark ten zuidoosten van de Thorntonbank. BMM, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 190 pp.
- Rumes, B.; Di Marcantonio, M.; Brabant, R.; Degraer, S.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Van den Eynde, D.; Norro, A.; Vigin, L. en Lauwaert, B. 2012a. Milieueffectenbeoordeling van het RENTEL offshore windmolenpark ten noordwesten van de Thorntonbank en ten zuidoosten van de Lodewijkbank. BMM, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 206 pp.
- Rumes, B., Di Marcantonio, M., Haelters, J. & Lauwaert, B., 2012b. Aanvraag van Rotary RS nv voor een machtiging voor een geofysische en geotechnische survey – zone SEASTAR: Milieueffectenbeoordeling (MEB) en advies van het Bestuur. Rapport van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BMM), Brussel.
- Rumes, B, Di Marcantonio, M., Brabant, R., Haelters, J., Kerckhof, F., Vigin, L., Lauwaert, B., 2013a. Milieueffectenbeoordeling van het NEMO Link Project Onderzoek van de aanvraag van de n.v. Elia voor een vergunning en machtiging voor de aanleg en de exploitatie van een HVDC interconnector in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. Rapport van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BMM), Brussel. 81 pp.
- Rumes, B., Di Marcantonio, M. Haelters, J. & Lauwaert, B., 2013b. Aanvraag van ELIA Asset nv voor een machtiging voor een geofysische en geotechnische survey: Milieueffectenbeoordeling (MEB) en advies van het Bestuur. Rapport van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (BMM), Brussel.
- Rumes, B., Coates, D, De Mesel, I, Derweduwen, J, Kerckhof, F., Reubens, J. en Vandendriessche S. 2013c In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. 248 pp.

- Rydell, J.; Engstrom H., Hedenstorm A., Larsen J. K., Petersson J. En Green, M. 2012. The effect of wind power on birds and bats: A synthesis. Swedish Environmental Protection Agency, 159 pp.
- Schaeck, M. (2011). Seasonal dynamics in the contribution of artificial hard substrated to the diet of pouting (*Trisopterus luscus*) and atlantic cod (*Gadus morhua*) in the Belgian part of the North Sea. M.Sc. Thesis, Ghent University, Gent, Belgium. 47 pp.
- Scheidat, M.; Tougaard, J.; Brasseur, S.; Carstensen, J.; van Polanen, T.; Petel, Teilmann, J.; en Reijnders, P.; 2011. Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and wind farms: a case study in the Dutch North Sea. Environmental Research Letters 6, doi:10.1088/1748-9326/6/2/025102
- SenterNovem, 2005 .Handboek Risicozonering Windturbines, 2de geactualiseerde versie januari 2005 In SGS, 2007. Studie Windturbines en veiligheid. 64 pp.
- Seys, J., Offringa, H., Van Waeyenberge, J., Meire, P. & Kuijken, E., 1999, Omitologisch belang van de Belgisch maritieme wateren: naar een aanduiding van kensoorten en sleutelgebieden. Nota IN 99/74.
- Sharples, R.J., Moss, S.E., Patterson, R.A. & Hammond, P.S., 2012. Spatial variation in foraging behaviour of a marine top predator (*Phoca vitulina*) determined by a large-scale satellite tagging program. PLoS ONE 7(5), e37216.
- Simonini, R., I. Ansalonia, P. Boninia, V. Grandia, F. Graziosa, M. Iottia, G. Massamba-N'Sialaa, M. Mauria, G. Montanarib, M. Pretic, N. De Nigrisc, D. Prevedellia. Recolonization and recovery dynamics of the macrozoobenthos after sand extraction in relict sand bottoms of the Northern Adriatic Sea. 2007. Marine Environmental Research. 64 (5): 574-589
- Sips, H.J.J., (1988). Het belang van grindbodems in de Noordzee als paaiplaats voor de haring (*Clupea harengus* L.); voorstudie en onderzoeksvoorstel. Bureau Waardenburg bv, rapport 88.20. 19p.
- Smith, E., 2002. BACI design. in: El-Shaarawi, A.H. and W.W. Piegorsch (Eds.). Encyclopedia of Environmetrics. Volume 1, pp 141–148. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- Stienen, E.W.M.; van Beers, P.W.M.; Brenninkmeijer, A.; Habraken, J.M.P.M.; Raaijmakers, M.H.J.E.; van Tienen, P.G.M., 2000. Reflections of a specialist: patterns in food provisioning and foraging conditions in sandwich tern *Sterna sandvicensis*. Ardea 88 (1): 33-49.
- Stienen, E.W.M., Van Waeyenberge, J. & Kuijken, E., 2002, De avifauna en zeezoogdieren van de Thorntonbank. Studie ter beoordeling en monitoring van de impact van een offshore windpark op de mariene avifauna en zeezoogdieren. Rapport IN.A.2002.244, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. 60 pp.
- Stienen, E.W.M. & Kuijken, E., 2003, Het belang van de Belgische zeegebieden voor zeevogels. Rapport IN.A.2003.208.
- Stienen, E.W.M., Van Waeyenberghe, J. & Kuijken, E., 2007, Trapped within the corridor of the southern North Sea: the potential impact of offshore wind farms on seabirds. In: de Lucas, M., Guyonne, F.E. en Ferrer, M., 2007. Birds and wind farms: risk assessment and mitigation, pp. 71 – 80.



- Strucker, R.C.W., Arts, F.A. & Lilipaly, S., 2012. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. RWS Waterdienst rapport BM 12.07. Vlissingen, Nederland: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat.
- Tasker, M.L., Jones, P.H., Dixon, T.J. & Blake, B.F., 1984. Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardised approach. *Auk* 101: 567-577.
- Tasker, M.L., Amundin, M., Andre, M., Hawkins, A., Lang, W., Merck, T., Scholik-Schlomer, A., Teilmann, J., Thomsen, F., Werner, S. & Zakharia, M., 2010. MARINE STRATEGY FRAMEWORK DIRECTIVE, Task Group 11 Report: Underwater noise and other forms of energy. 44pp.
- Teilmann, J. & Carstensen, J., 2012. Negative long term effects on harbour porpoises from a large scale offshore wind farm in the Baltic—evidence of slow recovery. *Environ. Res. Lett.* 7 (2012) 045101.
- SCOS, 2011. Scientific advice on matters related to the management of seal populations: 2011. Sea Mammal Research Unit, St.-Andrews, Scotland; 127 pp.
- Thompson, P.M., Lusseau, D., Barton, T., Simmons, D., Rusin, J. & Bailey, H., 2010. Assessing the responses of coastal cetaceans to the construction of offshore wind turbines. *Marine Pollution Bulletin* 60(8):1200-1208.
- Tougaard et al., 2006. Harbour seals on Horns Reef before, during and after construction of Horns Rev Offshore Windfarm. Final Report to Vattenfall A/S. Biological papers from the Fisheries and Maritime Museum, no 5, Esbjerg, Denmark. Available online.
- Ullmann, A., A. Sterl, J. Monbaliu and D. Van den Eynde, 2009. Contemporary and future climate variability and climate change: impacts on sea-surge and wave height along the Belgian coast. Katholieke Universiteit Leuven, Hydraulics Laboratory, Internal Report, 54 pp.
- Van Dalfsen, J.A.; Essink, K.; Toxvigmdsen, H.; Birklund, J.; Romero, J., and Manzanera, M., (2000). Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the Western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science*, 57(5), 1439-1445.
- Van den Eynde, D.; Brabant, R.; Fettweis, M.; Francken, F.; Melotte, J.; Sas, M.; Van Lancker, V., 2010. Monitoring of hydrodynamic and morphological changes at the C-Power and the Belwind offshore wind farm sites: A synthesis, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2010). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. pp. 19-36.
- Van den Eynde, D., 2011. En wat met de stormen: worden die talrijker en/of krachtiger? De Grote Rede, aanvaard voor publicatie
- Van den Eynde, D., R. De Sutter & P. Haerens, 2012. Climate change impact on marine storminess in the Belgian Part of the North Sea. 2012 *Natural Hazards and Earth System Sciences*.
- Van den Eynde, D., M. Baeye, R. Brabant, M. Fettweis F. Francken, P. Haerens, M. Mathys, M. Sas & V. Van Lancker, 2013. Monitoring sediment and morphodynamics at the C-Power and Belwind offshore wind farms: a synthesis. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning

- from the past to optimise future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD natural environments, Marine ecosystem management unit. 34 - 47
- Van der Kooij Jeroen, Beth E. Scott b, Steven Mackinson, 2008. The effects of environmental factors on daytime sandeel. distribution and abundance on the Dogger Bank. *Journal of Sea Research* 60, pp 201–209.
- Van Hoey, G., S. Degraer & M. Vincx (2004). Macrobenthic communities of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59: 601-615.
- Van Lancker, V.R.M.; Du Four, I.; Verfaillie, E.; Deleu, S.; Schelfaut, K.; Fettweis, M.; Van den Eynde, D.; Francken, F.; Monbaliu, J.; Giardino, A.; Portilla, J.; Lanckneus, J.; Moerkerke, G.; Degraer, S. (2007). Management, Research and Budgetting of Aggregates in Shelf Seas related to End-users (Marebasse). Belgian Science Policy: Brussel. 139 pp.
- van Moorsel, G.W.N.M. & H.W. Waardenburg (2001) Kunstmatige riffen in de Noordzee in 2001. De status 9 jaar na aanleg. Bureau Waardenburg bv, Culemborg, rapp. nr. 01-071, 35 pp.
- van Moorsel, G.W.N.M. (2003). Ecologie van de Klaverbank. BiotaSurvey 2002. Ecosub, Doorn. pp. 154, incl. 26 fig., 12 tabellen, 26 bijlagen; + 2 pp.
- Vanaverbeke, J.; Bellec, V.; Bonne, W.; Deprez, T.; Hostens, K.; Moulaert, I.; Van Lancker, V. and Vincx, M., (2007). Study of post-extraction ecological effects in the Kwintebank sand dredging area (SPEEK), Belgian Science Policy, Brussels, 92p.
- Vandendriessche, S.; Derweduwen, J.; Hostens, K. (2011). Monitoring the effects of offshore windmill parks on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: baseline monitoring, in: Degraer, S. et al. (Ed.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. pp. 65-81
- Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Courtens, W. & Van de Walle, M., 2006, Referentiesituatie van de avifauna van de Thorntonbank. Rapport IN.A.2006.22. 131 pp.
- Vanermen, N. & Stienen, E.W.M., 2009, Seabirds en Offshore Wind Farms: Monitoring results 2008. Report INBO.R.2009.8, Research Institute for Nature and Forest, Brussels. In: Degraer S. en Brabant R. (Ed.), 2009. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 8: pp. 151-221.
- Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Onkelinx, T., Courtens, W. & Van de walle, M., 2011, Seabirds en offshore wind farms: Power and impact analyses 2010. In: Degraer, S., Brabant, R. en Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 9: pp. 93-129.
- Vanermen, N., Robin Brabant, Eric W.M. Stienen, Wouter Courtens, Thierry Onkelinx, Marc Van de walle, Hilbran Verstraete, Laurence Vigin & Steven Degraer, 2013. Bird monitoring at the Belgian offshore wind farms: results after five years of impact assessment, in: Degraer S.,

- Brabant R. & Rumes B., 2013. Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North sea, learning from the past to optimise future monitoring programmes. Chapter 6: pp. 49-69.
- Verfaillie, E., Van Lancker, V., Van Meirvenne, M., 2006, Multivariate geostatistics for the predictive modelling of the surficial sand distribution in shelf seas. *Continental Shelf Research* 26, 2454–2468.
- Wetlands International, 1997, Waterfowl population estimates – 2nd edition. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.
- Wiggelinkhuizen, E.J. & den Boon, J.H., 2010. Monitoring of bird collisions in wind farm under offshore-like conditions using WT-BIRD system, Final report. 57 pp
- Wilke, F.; Kloske, K. En Bellmann, M., 2012. ESra – Evaluation von Systemen zur Rammschallminderung an einem Offshore-Testpfahl. PTJ, Forschungszentrum Jülich GmbH, 182 pp.
- Winkelman, J.E., 1992, The impact of the Sep wind park near Oosterbierum, the Netherlands on birds 2: nocturnal collision risks. RIN rapport 92/3 Arnhem: Rijksintituut voor Natuurbeheer.
- Zakon, H.H., 1986. The elektroreceptive periphery, In *Elektroreception*, (ed. T.H. Bullock & W. Heiligenberg). John Wiley and Sons, New York: 103-156.
- Zintzen V. (2007) Biodiversity of shipwrecks from the Southern Bight of the North Sea. PhDThesis. Université Catholique de Louvain/Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique: Louvain-la-Neuve, Belgium. 343.

## COLOPHON

Dit document werd door de BMM uitgegeven in december 2013.

Status ☐ draft  
☒ finale versie  
☐ herziene versie van het document  
☐ vertrouwelijk

Beschikbaar in ☐ Engels  
☒ Nederlands  
☐ Frans

Dit document mag geciteerd worden als volgt:

Rumes, B.; Di Marcantonio, M.; Brabant, R.; Demesel, I.; Dulière, V.; Haelters, J.; Kerckhof, F.; Norro, A.; Van Den Eynde, D.; Vigin, L. en Lauwaert, B. 2013. Milieueffectenbeoordeling van het SEASTAR offshore windmolenpark ten noordwesten van de Lodewijkbank en ten zuidoosten van de Bligh Bank . BMM, OD Natuurlijk Milieu, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 188 pp.

Indien u nog vragen heeft of u wenst extra kopieën van dit document te ontvangen, stuur dan een e-mail naar [info@mumm.ac.be](mailto:info@mumm.ac.be), met vermelding van de referentie, of schrijf naar:

BMM

OD Natuurlijk Milieu

Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen

100 Gulledele

B-1200 Brussel

België

Telefoon: +32 2 773 2111

Fax: +32 2 770 6972

<http://www.mumm.ac.be/>

